اطلاعات جغرافیایی به روش سیستمAHP ارزیابی چند معیاری نمونه موردی(منطقه شش تهران)

یحیی چهرآذر[۱]، فائزه چهرآذر*[۲]، سعید کریمی[۳]

۱- کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست ، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران y.chehrazar@ut.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد آموزش محیط زیست ، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران، faeze_chehrazar@ut.ac.ir

۳- استادیار برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست ، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران، karimis@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۸

چکیده

فضاهای سبز شهری به عنوان جزء ضروری و لاینفک پیکره یگانه شهر ها در متابولیسم آنها نقس ا سا سی را دارا می با شد که کمبود آنها می توانند اختلالات جدی در حیات شهرها به وجود آورد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که فضاهای سبز شهری دارای بازدهی اجتماعی و اکولوژیکی هستند که مهمترین اثر فضای سبز در شهرها ، کارکردهای محیط زیستی یا بازدهی اکولوژیکی آنهاست که شهر ها را برای زیست مساعد می‌سازد و با آثار مخرب گسترش صنعت و حمل و نقل مقابله می‌کند و موجب ارتقای کیفی در زندگی شهروندان می شود. در این تحقیق تلاش شده وضعیت دسترسی در سطح منطقه بر طبق استانداردهای موجود بررسی شده و با در نظر گرفتن سایر عوامل شهری ، با ارائه الگویی مناسب، به دنبال توزیع بهینه ی فضای سبز در سطح منطقه با ا ستفاده ازGIS می با شد. برای نیل به این هدف از معیارهای واقع شده در زمینه‌ای با کاربری منا سب مانند زمین های بایر، نزدیکی به مراکز آموزشی، مراکز فرهنگی و مراکز جمعیتی، دسترسی به شبکه ارتباطی و فاصله از تاسیسات کارخانه های و پمپ بنزین های شهری و فاصله از پارکها و فضای سبز موجود ا ستفاده شد. سپس برای هر کدام از عوامل تأثیرگذار در مکان یابی پارک ها فضای سبز، لایه های اطلاعاتی در محیط GIS تهیه گردید و برای هر یک از لایه ها وزن دهی صورت گرفت. سپس به منظور الگو سازی، به هر یک از لایه ها اطلاعاتی بر ا ساس میزان اهمیت آنها در مکان یابی پارک ها و فضای سبز با ا ستفاده از مدلAHP وزن منا سبی اخت صاص داه شده ا ست با توجه به نق شه نهایی مکان هایی که دارای امتیاز بالاتری هستند نظیر زمین های بایر و فضاهای باز و نزدیک به مراکز فرهنگی و آموزشی دارای اولویت بالاتری اند.

کلمات کلیدی: "سیستم اطلاعات جغرافیایی"،" فضای سبز"،" مدلAHP ".

۱-مقدمه

گسترش روز افزون شهرها درکلیه کشورهای جهان از جمله در ایران پیامدهای غیرقابل اجتناب عصر دانش وفناوری به شما می رود. امروزه اهمیت شهر و شهرسازی از دیدگاه سالم سازی محیط در پارپوب یک شهر سالم بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار گرفته و یکی از ضروریات توسعه پایدار است(سعید نیا،۱۳۷۹). همچنان که در عصر کنونی افزایش شتاب زندگی مدرن شهری و فرهنک منجر به کاهش تعامل اجتماعی شهروندان بایکدیگر و غفلت از اهمیت فضاهای عمومی شهرنشینان در اهمیت بستر سازی برای این تعامل اجتماعی شده است (فنی وکرمی،۱۳۹۳). از بین خدمات و تسهیلات شهری فضای سبز شهری دارای ارزش اجتماعی زیست محیطی و فرهنگی قابل توجهی هستند . (Chiesura,2004) فضای سبز شهری را می توان بطور موثر توسط عموم استفاده شود(Thompson,۲۰۱۱). فضاهای سبز شهری نه تنها به علت تفریحی بودنشان مورد توجه‌اند، بلکه به علت نقشی که در حفظ و تعادل محیط زیست

شهری و تعدیل آلودگی هوا و پرورش روحی و جسمی‌ساکنان شهر ایفا می‌کنند،ارزشمند هستند (Dunnet et al,2002). فضای سبز شهری عمومی به طور فزاینده شناخته شده است. به عنوان یکی از مهم ترین عناصر در برنامه ریزی شهری پایدار در سارسر جهان است(Fane et al,2016). فضای سبز شهری برای سلامت و رفاه انسان به طور گسترده ای شناخته شده است (Dinnie et al,2013). مکان یابی نادرست فضاهای سبز شهری در نهایت منجر به ایجاد ناهنجاریهایی از جمله استفاده کم کاربران از فضاهای سبز ایجاد شده، ایجاد محدودیت در ارائه طرح معماری مناسب، ایجاد محدودیت در انتخاب و چیدمان گیاهی مناسب، آشفتگی در سیمای شهر، مشکلات مربوط به آبیاری و اصلاح خاک، عدم تعاملات اجتماعی مناسب، مشکلات مدیریت و نگهداری، کاهش امنیت روانی و اجتماعی و غیره خواهد شد (رحمانی،۱۳۸۲). بنابراین آنالیز، تجزیه و تحلیل کردن این متغیرها با استفاده از روش‌های سنتی بسیار دشوار و پرهزینه است و تنها راه مواجه شدن با چنین حجمی از اطلاعات و بهره برداری صحیح و برنامه ریزی از آنها، استفاده از سیستم‌های کامپیوتری است که در ارتباط با دادههای فضایی GIS راهگشای این مشکل است(فرجزاده، ۱۳۸۲). روش مقایسه زوجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ارائه شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارمدترین تکنیک های تصمیم گیری است که برای اولین بار توسط ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تحلیل از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است، زیرا فرموله کردن مسائل را به صورت سلیله مراتبی فراهم می کند. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف پذیربرای بررسی کمی و کیفی مسائل چند معیاره می باشد که خصوصیت اصلی بر اساس مقایسه زوجی می باشد(Nagi,2005) در این پژوهش سعی شده با مطالعه روی مکانیابی پارکها و فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، اهمیت این ابزار در کاربری زمینهای شهری مورد بررسی قرار گیرد. هدف نهایی از این پژوهش تعیین عوامل موثر در مکانیابی پارک‌ها و فضای سبز شهری و نحوه‌ی ترکیب آنها در محیط GIS به منظور ایجاد الگویی مناسب برای مکانیابی پارک ها و فضای سبز شهری در منطقه مورد مطالعه می-باشد.

- **فضـای سـبز شـهری**

فضـای سـبز شـهری، بخشـی از فضـای بـاز شـهری اسـت کـه عرصه‌هـای طبیعـی یـا اغلـب مصنوعـی آن، زیـر پوشـش درختـان، درختچه‌هـا، بوته‌هـا، گلهـا، چمـن و سـایر گیاهانـی اسـت کـه بـا نظـارت و مدیریـت انسـان و بـا در نظـر گرفتـن ضوابـط، قوانیـن و تخصص‌هـای مرتبـط بـا آن بـرای بهبـود شـرایط زیسـتی و رفاهـی شـهروندان و مراکـز جمعیتـی غیـر روسـتایی، احـداث، حفـظ و نگهـداری می-شـوند (اسـماعیلی، ۱۳۸۱ :) . پـارک و فضاهـای سـبز شـهری، از کاربری‌هـای مؤثـر در کیفیـت فضایـی مناطـق شـهری اسـت کـه بـا گسـترش و متراکـم شـدن بیـش از پیـش شـهرها بـر اهمیـت آنهـا افـزوده می‌شـود. در نتیجـه، نحـوهی پراکنـش آنهـا در عرصههـای شـهری؛ هـم از بعـد شهرسـازی و هـم بـه لحـاظ عدالـت اجتماعـی، حائـز اهمیت اسـت. در ایـن خصـوص راهبردهـای گوناگونی بـرای توزیـع مطلـوب فضاهـای مذکـور، ابـداع شـده اسـت کـه عمدتـاًبـر اسـتفادهی متمرکـز یـا پراکنـده یـا ترکیبـی از آنهـا تأکیـد دارنـد» (ایرانـی بهبهانـی و فتخـر رازی،.۱۳۸۴).

- **مکانیابی**

مکانیابـی بـه فعالیتـی گفتـه میشـود کـه در آن قابلیتهـا و تواناییهـای یـک منطقـهی خـاص، «اصـوال از نظـر وجـود زمیـن مناسـب و کافـی و مرتبـط بـودن آن بـا سـایر کاربری‌هـای شـهری و روسـتایی بـرای انتخـاب مکانـی مناسـب جهـت کاربـری مـورد نظـر، تجزیـه و تحلیـل میشود(روشـن‌نژاد، ۱۳۸۳ :۱۶).

- **معیارهای مکانیابی**

معیار مکانی در کاربری زمین، به طور کلی، استانداردی است که با آن مکان بهینه یک کاربری در شـهر مورد سـنجش قرار می گیرد.معیارهای مکانی استفاده از زمین، انعکاس وضعیت اجتماعی، اقتصادی و کالبدی شهرها می باشد(2006,Sharifian).

- **وزن دهی به معیارها و زیر معیارها**

یکی از مهمترین توانایی های GIS که آنرا به عنوان سیستمی ویژه و انحصاری مجزا می کند، توانایی تلفیق داده ها برای مدل سازی، مکان یابی و تعیین مناسب اراضی از طریق ارزش گذاری پهنه زمین است. زیرا در نتیجه تلفیق وترکیب معیار ها، بهترین نقطه برای استقرار مرکز و نیز مکانهای بهینه انتخاب می شوند(Poor Ahmad, 2007).

محاسبه وزن و ضریب اهمیت معیارها در (AHP): هدف از وزندهی معیارها بیان نسبی هر معیار در ازاء دیگر معیارها است. بدست آوردن ضریب اهمیت نسبی معیارها گام اصلی تعیین ارجحیت تصمیمگیران است. در ادبیات موضوعی تصمیم‌گیریهای چند معیاری برای وزندهی معیارها روشهای متعددی همچون رتبه بندی، نسبی و دودویی بر مبنای قضاوت های تصمیم‌گیران وجود دارد که در این میان روش دودویی از پایداری بیشتری برخوردار می‌باشد(Asgharpoor, 2004).

- **پیشینه تحقیق**

صابری و همکاران در سال ۱۳۹۰ ،در پژوهشی با عنوان "مکانیابی پارک و فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش ارزیابی چند معیاری (AHP نمونه‌ی مورد: شهر شوشتر)" تلاش نموده‌اند ضمن تدوین بانک جامع اطلاعات مکانی پارکها و فضای سبز شهر شوشتر، وضعیت دسترسی تمامی مناطق شهر بر طبق استانداردهای موجود را بررسی و پس از تعیین کمبود شهر و با در نظر گرفتن سایر عوامل شهری مؤثر در مکانیابی، با ارائهی الگوی مناسب، به دنبال توزیع بهینه‌ی فضای سبز در شهر شوشتر با استفاده از GIS می‌باشد.

علوی و همکاران (۱۳۹۴) درمقاله‌ای با عنوان ارزیابی تناسب فضایی- مکانی پارکهای شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی میزان سازگاری پارکهای محلهای منطقه ۵ تهران را با کاربریهای همجوار مورد ارزیابی قرار داده و همچنین مکانیابی اراضی متناسب با استقرار پارکهای مذکور را انجام داده‌اند.. نتایج تجزیه و تحلیلهای به دست آمده از تکنیک‌های به کار گرفته شده و همچنین استناد به خروجی مدل AHP ،بیانگر آن است که بیشتر پارک‌های محله‌ای موجود در منطقه، در اراضی خوب و خیلی خوب استقرار یافته و به ندرت پارکهایی وجود دارند که در اراضی متوسط و ضعیف مکان گزینی شده باشند، همچنین با توجه به نقشه‌ی مذکور، هیچ کدام از پارک‌های محله‌ای موجود در اراضی خیلی ضعیف قرار ندارند.میلوارد و سابیر (۲۰۱۱)در مقاله‌ی مزایای یک پارک جنگلی شهری« بیان می‌کنند که پارک‌های جنگلی شهری خدمات اجتماعی، محیطی و اقتصادی متعددی را با ارزش قابل اندازه گیری برای شهرها فراهم می کند. تیموری و همکاران(۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان»ارزیابی تناسب فضایی-مکانی پارکهای شهری با استفاده از GIS در منطقه ۲ تبریز« به این نتیجه رسیده‌اند که فقط ۳۴,۴درصد از پارک‌های محله‌ای محدودهٔ بررسی شده با کاربری‌های همجوار خود کاملاً سازگار می‌باشند.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

منطقه ۶ به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه مرکزی شهر تهران واقع است . این منطقه از شمال به منطقه ۳ ، از شرق به منطقه ۷ ، از جنوب به مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ و از غرب به منطقه ۲۲ منتهی می گردد. بزرگراه همت در شمال ، بزرگراه چمران در غرب ،بزرگراه مدرس در شرق و خیابان انقلاب در جنوب این منطقه قراردارند.

شکل ۱. محدوده منطقه شش تهران

- **بررسی عوامل تاثیرگذار در مکانیابی فضای سبز**

شناسایی و انتخاب عواملی که در مکانیابی تاثیرگذارند، از مراحل مهم مطالعه می با شد .هر قدر عوامل شنا سایی شده با واقعیت زمینی تطابق بی شتری دا شته با شد، نتایج مکان یابی ر ضایت بخش تر خواهد بود.

پس از تجزیه و تحلیل وضـع موجود پارکها و فضـای سـبز در سطح منطقه ۶، به محاسبه عوامل مؤثر در مکان گزینی پارکها و فضـای سـبز در منطقه ۶ تهران پرداخته شـده اسـت. برای مکانیابی فضای سبزناحیه ای در سطح منطقه عوامل زیر در نظر گرفته شده است:

-نزدیکی به مراکز مسکونی

-نزدیکی به مراکز آموزشی

-دسترسی به شبکه ارتباطی

-فاصله از فضای سبز موجود

-نزدیکی به مراکز فرهنگی

-فاصله از تاسیسات و کارخانه ها

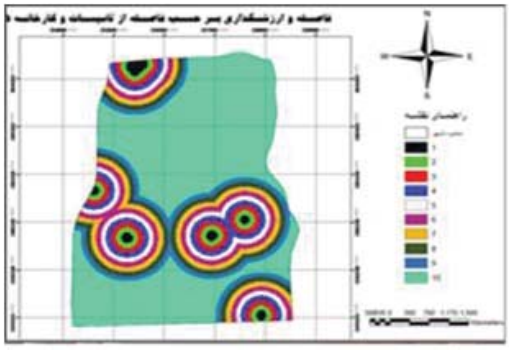
دو مولفه ی فاصـــله و زمان مهمترین مولفه ها در مکانیابی کاربری ها هستند .نوع د سترسی ها با فا صله و زمان سنجیده می شود، این دو عامل واحد اندازه گیری آ سایش محسوب می شوند. چگونگی دسترسی به خدمات شهری مورد نیاز ساکنان و دوری از کاربری های مزاحم و ناســازگار از مولفه های مهم آسایش تلقی می شوند.

در این بررسـی برای تمامی لایه ها با توجه به عامل فاصـله و زمان، وزن‌دهی صورت پذیرفته است.فواصل بر مبنای صد متر به صد متر در نظر گرفته شده است. به این ترتیب لایه هایی که با پارک‌ها و فضای سبزسازگاری دارند، هر قدر فاصله آنها با این مراکز کمتر باشـد وزن بیشـتری گرفته‌اند و لایه هایی که با پارک‌ها سازگاری ندارند، هر قدر فا صله آنها با این مراکز بیشتر باشد وزن بیشتری را دریافت کرده اند.

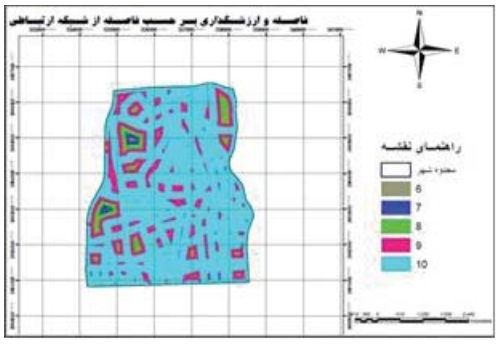
- **دسترسی به شبکه ارتباطی**

راه‌ها عامل ارتباط دهنده تاسیسات مختلف شهری است و از این نظر اهمیت آنها در سطح شهرها، قابل توجه است. با توجه به اینکه پارک‌های شـهری باید از چهار سـو به شـبکه ارتباطی دسترسی داشته باشد تا امکان جذب بیشتر جمعیت فراهم شود و هم امکان نظارت اجتماعی و امنیت پارک افزایش یابد و در عین حال امکان بهره برداری دیداری از جلوه های زیبای پارک برای رهگذران از چهار سو فراهم با شد، سعی گردیده تا با ا ستفاده ازنقشـــه های شـــهری موجود و عملیات میدانی، بلوارها و خیابان‌های ا صلی ا ستخراج و سپس به تهیه حریم های صد متری در اطراف این شریان‌های ا صلی شده ا ست. با توجه به سازگاری این

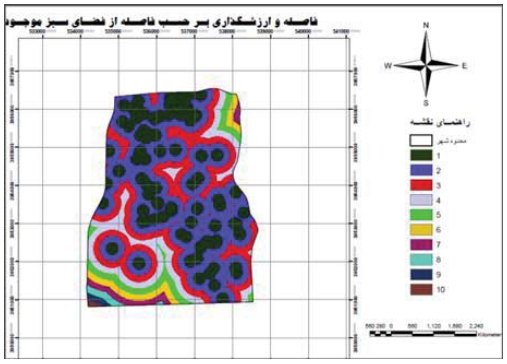
عامل در مکان گزینی پارک‌ها و فضای سبز، به فواصل نزدیکتر به معابر اصلی وزن بیشتری داده شد. (جدول۱)(شکل۴)



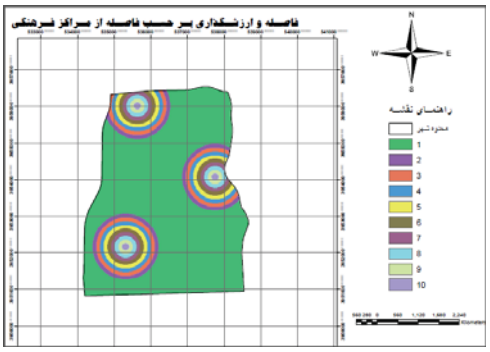
شکل۲. فاصله و ارزش گذاری بر حسب فاصله ازکارخانجات



شکل۳. فاصله و ارزشگذاری بر حسب فاصله ازشبکه ارتباطی

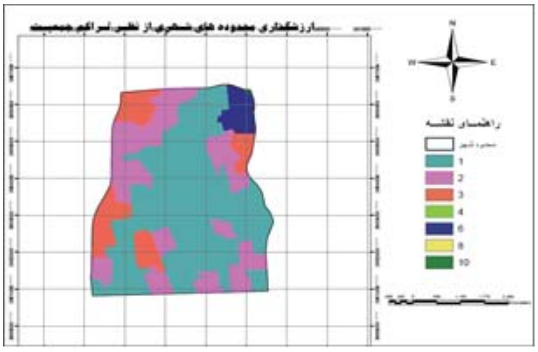


شکل۴. فاصله و ارزشگذاری بر حسب فاصله از فضای سبز



شکل۵. فاصله و ارزشگذاری بر حسب فاصله از مراکز فرهنگی

شکل ۶. کاربری‌های شهری و وزن های داده شده به هر کاربری



شکل ۷. ارزش گذاری بر اساس تراکم جمعیت

این هدف، پس از شناسایی و وارد کردن پارک‌ها و فضای سبز دربا ایجاد بافرهای صد متری در اطراف آنها به وزن‌دهی هر یک از این لایه ها پرداخته شد. بر این اساس در محیط GIS هر چه

بافرهای ایجاد شده به پارک‌ها و فضای سبز موجود نزدیکتر باشد، وزن کمتری پیدا خواهد کرد.(جدول۱)(شکل ۴)

فواصل نزدیکتر به مراکزفرهنگی وزن بیشتری داده شد. (جدول۱)(شکل ۵).

- **نزدیکی به مراکز فرهنگی**

یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکانیابی پارک‌ها و فضای سبز نزدیکی به مراکز فرهنگی از جمله کتابخانه ها، مساجد، سینماها و هتل‌ها می‌باشد .با توجه به تأثیر پارک‌ها و فضای سبز در کاهش آلودگی های جوی و صوتی و لزوم رعایت اینگونه آلودگی‌ها در محیط‌های فرهنگی ذکرشده، اقدام به تهیه حریم های صد متر در اطراف مراکزفرهنگی گردید. با توجه به سازگاری این عامل در مکانگزینی پارک‌ها و فضای سبز، به

با توجه به اینکه پارک‌ها و فضای سبز یکی از خدمات شهری مهم در شهرها می باشد، در نتیجه این گونه خدمات باید در مناطقی از شهر مکان گزینی شود که در آن مناطق کمبود احساس می شود و همچنین در آن مناطق میزان جمعیت بیشتر باشد. در نهایت به مناطقی که دارای تمرکز جمعیتی بالاتری بودند، دارای وزن بیشتری شدند.(جدول۱)(شکل۵)

جدول ۱. وزن دهی بر اساس روش AHP

فاصله (متر)	فاصله مراکز آموزشی	فاصله از مراکز فرهنگی	فاصله از تاسیسات	فاصله از فضای سبز
100 - 0	10	10	1	1
200 –	9	9	2	2
300 –	8	8	3	3
400 –	7	7	4	4
500 –	6	6	5	5
600 –	5	5	6	6
700 –	4	4	7	7
800 –	3	3	8	8
900 –	2	2	9	9
به بالا900	1	1	10	10

- **فاصله از فضای سبز موجود:**

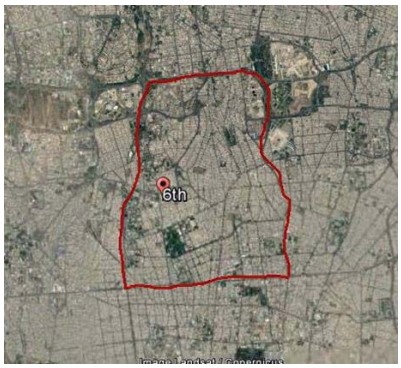
از دیگر عوامل مؤثر در مکانیابی پارک‌ها و فضای سبز، فاصله از پارکها و فضای سبزی موجود در سطح شهر می‌باشد. به منظور جلوگیری از تمرکز زدایی پارک‌ها و فضای سبز در مناطق خاصی از شهر و بهره وری تمام مناطق شهری از این امکانات، لازم است تا در مکانگزینی بعدی این نوع از خدمات شهری رعایت فاصله از پارک‌ها و فضای سبز مد نظر قرار گیرد. برای نیل به دستورالعمل‌های ارائه شده با توجه به خاصیت‌های فردی و اجتماعی در هر جامعه می‌تواند تغییر کند، لذا معیارهای مورد نظر برای جوامع گوناگون متفاوت است.

- **زمین های مستعد:**

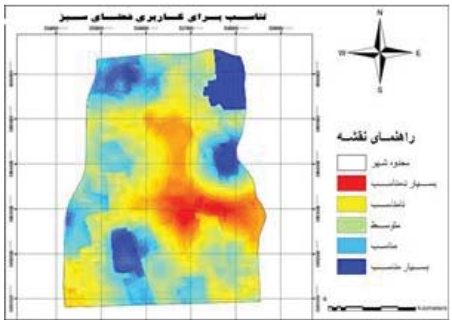
برای تهیه این لایه به همه ی کاربری‌های موجود در سطح شهر نیاز است. بعد از ورود همه ی کاربری‌ها به شناسایی و ارزشگذاری این کاربری‌ها بر اساس اهمیت آنها پرداخته شده است. ایجاد پارک-ها و در زمین‌های بایر و فضای باز نسبت به زمین‌های ساخته شده راحت تر و کم هزینه تر خواهد بود. در این موارد مشکلاتی نظیر تخریب و تملک زمین‌های ساخته شده وجود ندارد. کاربری های شهری به این صورت وزن داده شده اند : زمین بایر ۱۰، فضای باز ۹، صنعتی _ کارگاهی ۸، مسکونی خالص ۶، خدمات عمومی۵، مسکونی مختلط۳، تجاری۴، پارکینگ وحمل و نقل۲، تاسیسات۱،فضای سبز۰

روش مقایسه زوجی وزندهی بخشی از روشAHP می باشد.که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی مطرح گردیده است. (AHP ، یکی از تکنیک های کارآمد در تصمیم گیری های چند معیاره می باشد.) در روش وزن دهی مقایسه زوجی، معیارهای دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن ها نسبت به یک دیگر تعیین می گردد. سپس یک ماتریس ایجاد می شود که ورودی آن همان وزن های تعیین شده و خروجی آن وزن های نسبی مربوط به معیارهاست. در ادامه به منظور تلفیق لایه های اطلاعاتی وزندهی شده در مراحل بالا، هر یک از این لایه ها به روش AHPبا یکدیگر مقایسه گردیدند و سپس ماتریس سازگاری آنها تهیه گردید و در نهایت وزن مربوط به هرلایه تعیین گردید.(جدول۲)

در نهایت نیز به منظور تهیه نقشه نهایی مکانیابی فضای مناسب پارک و فضای سبز شهری منطقه ۶ لایه های بدست آمده از



شکل ۸. منطقه مورد مطالعه



شکل ۹ - نقشه نهایی مکانیابی جهت احداث پارک و فضای سبز منطقه شش

جدول۲) وزن اعمال شده به عوامل مؤثر در مکانیابی پارکها و فضای سبز به روشAHP

فضای سبز	مراکز فرهنگی	مراکز آموزشی	شبکه ارتباطی	نزدیکی به تاسیسات	نزدیکی به مراکز مسکونی	لایه های اطلاعاتی
۰۴.۰	۰,۱۵	۰,۱۵	۰,۱۵	۰,۰۸	۰,۰۴	وزن

تلفیق لایه ها به روش AHP، انجام گردید. همانگونه که در شکل ۹ نشان داده شده،در سطح منطقه ۶ از لحاظ مکانیابی پارک‌ها و فضای سبز جدید در مناطق با امتیاز بالاتر لزوم احداث این کاربری‌ها احساس می‌شود.

۳- نتایج

با توجه به شکل ۹ نشان می دهد فضاهای بسیار نامناسب و نامناسب به رنگ قرمز و زرد ، در شکل ۸ نشان می دهد که مراکز مسکونی تشکیل داده اند و فضایی جهت کاربری فضای سبز موجود نمی باشد و همچنین فضاهای بسیار مناسب و مناسب در شکل که به رنگ آبی در نقشه نشان می دهد به گونه ای هستند که قبلا فضای سبز در آنجا ایجاد شده و یا زمین های باز و بایری هستند و همچنین به مراکز آموزشی و فرهنگی نزدیک که قابلیت تبدیل به کاربری فضای سبز را می باشند. به عنوان ریه‌های تنفسی شهرها تعریف اغراق آمیزی از کارکرد آن نیست بلکه این شبیه بیان کننده حداقل کارکرد آن در مفهوم اکولوژیک شهرها به شمار میرود.. این فضاها هم از دیدگاه تامین نیاز های زیست محیطی شهرنشینان و هم از نظرتامین فضاهای فراغتی و بستر ارتباط و تعامل اجتماعی آن جایگاهی در خور اهمیت دارد.

٤- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از منطقه ۶ شهر کمبود مناطقی از لحاظ پارکها و فضای سبز شهری می‌باشد و باانطباق لایه کاربری شهری با لایه نهایی مناطقی که دارای امتیاز بالاتری اند لزوم احداث پارک و فضای سبز بیشتر درآن احساس می‌شود زمین‌های خالی، زمین های بایر که به خدمات عمومی نزدیک اند دارد.همچنین این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با سرعت بیشتر و دقت بالاتری می‌تواند در تصمیم گیریهای مدیریتی کارآمد باشد. همانطور که در نقشه شماره (۹) دیده می‌شود و با تاکید بر نتایج حاصل از مکانیابی فضای سبز به روش ، AHPمنطقه مورد مطالعه از لحاظ مکان مناسب ایجاد فضای سبز، به پنج دسته بسیار نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و بسیار مناسب برای احداث فضای سبز با رنگ آبی، متوسط سبز، نامناسب زرد و بسیار نامناسب قرمز نمایش داده شده است. پس از بررسی نقشه‌های تهیه شده با معیارها و ضوابط عنوان شده، نقشه-های همپوشانی و در نهایت نقشه بالا به دست آمد. مکان‌های

مناسب جهت احداث فضای سبز منطبق بر مسیر راه‌های اصلی و شریانی منطقه بوده، بعضی از پهنه‌ها با فضاهای سبز موجود منطقه همپوشانی نشان می‌دهند. پهنه‌های بسیارمناسب به‌دست آمده، نشانگر قرارگیری آنها در پهنه فرهنگی و آموزشی هستند که در این صورت برای استفاده کاربران فضاهای آموزشی و فرهنگی هم مناسب می باشد.

تشکر و قدرانی

از حمایت چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی محیط زیست کمال تشکر را دارم.

The 4th international conference on Environmental Planning and Management (ICEPM)(2017)

۵- منابع

- ایرانی بهبهانی، هما. نرمین رازی مفتخر. ۱۳۸۴. طراحی پایدار توسعه پارک جنگلی شیخ تپه ارومیه، مجله منابع طبیعی ایران.

– اسماعیلی، اکبر. ۱۳۸۱. بررسی و تحلیل کاربری فضای سبز پارک‌های درون شهری. از دیدگاه برنامه ریزی شهری(نمونه موردی: مناطق ۱ و ۸ شهرداری تبریز)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده هنر

- سعیدی نیا، احمد .۱۳۷۹. فضای سبز شهری، انتشارات مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری وزارت کشور

-. فنی، زهره کرمی، اعظم، (۱۳۹۳) ارزیابی و مکان یابی فضای سبز شهری با استفاده از GIS و روش AHP مورد مطالعه : منطقه ۱ شهرداری تهران)،فصلنامه مطالعات برنامه ریزی شهری، سال دوم، شمارهی پنجم، بهار ،صفحات ۹۴۳-۹

- رحمانی، محمد جواد .۱۳۸۲ . .بررسی روند تصمیم گیری در مکان یابی پارک‌ها و فضای سبزعمومی و تأثیر آن بر ایمنی آنها، مجله سبزینه شرق، سال سوم، شماره دوم

- روشن‌نژاد، عبدالحمید .۱۳۸۳. ارائه الگویی مناسب برای مکانیابی مدارس ابتدایی با استفاده از GIS سال، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.

- فرجزاده اصل. م .۱۳۸۴ . سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم، تهران.

- زیاری، ک .۱۳۸۱ . خرم آباد در گذر جغرافیای انسانی، انتشارات افلاک خرم‌آباد

- صابری،عظیم؛ ابوالفضل قنبری؛ مریم حسین زاده. ۱۳۹۰. مکانیابی پارک و فضای سبزشهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش ارزیابی چند معیاریAHP ، همایش ّملی ژئوماتیک

- تیموری، راضیه، روستایی، شهریور، زمانی، اصغر احدی نژاد، محسن.۱۳۸۹. ارزیابی تناسب فضایی-مکانی پارک‌های شهری با استفاده ازGIS مطالعه موردی پارک‌های محله‌ای منطقه ۲تبریز، مجله فضای جغرافیایی هر"، سال ، ۱۰شمارهٔ ۳۰.

-Asgharpoor,M.j., 2004. Multi Criteria Decision Making,Tehran University

- Poor Ahmad,A., M. Kiomars, S. Zahrae, S. Nazari, 2007. The location of Urban Equipment with use of GIS, Journal of Ecology, No 4216- Poor Ahmad,A., M. Kiomars, S. Zahrae, S. Nazari, 2007. The location of Urban Equipment with use of GIS, Journal of Ecology, No 42

-Millward, Andrew A and Sabir, senna(2011); Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto Canada?,Landscape and Urban Planing100(2011)177-188www.elsevir.com/locate/landrob plan Urban Planning

-Ngai, E, W.T.E. W.C .(2005). Chan, evolution of knowledge, managementtools using AHP, export systems with application

Dunnet et al (2002). Improving Urban Park, Play Area and Green Space, Urban Research Report. -

- Fana, Peilei, Xub, Lihua, Yuec, Wenze, Chen, Jiquan ,(2016), Accessibility of public urban green space in an urban periphery: The case of Shanghai, Landscape and Urban Planning –
- Dinnie, E., Brown, K. M., & Morris, S. (2013). Reprint of "Community, cooperation and conflict: Negotiating the social well-being benefits of urban greenspace experiences". *Landscape and Urban Planning*, *118*, 103-111
.- Thompson, C.W. Linking landscape and health: The recurring theme. Landsc. Urban Plan. 2011, 99, 187–195. [CrossRef]
-Chiesura, A. The role of urban parks for the sustainable city. Landsc. Urban Plan. 2004, 68, 129–138

بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین خاک تالاب بند علیخان ورامین و تاثیرات زیست محیطی

اعظم السادات طباطبایی[1]*، مهدی گندمکار [2]، صغری اسکندری[3]، اکرم السادات طباطبایی[4]

۱*- نویسنده مسئول، مسئول بخش سنجش فلزات، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست taba_az@yahoo.com

۲- مسئول بخش خاک، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست mgandomka@yahoo.com

۳- کارشناس بخش سنجش فلزات، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست s_eskandary1356@yahoo.com

۴- استادیار میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق (قیام دشت) akram_tabatabaee@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۵

چکیده

تالاب بند علی خان در ۳۵ کیلومتری جنوب ورامین در استان تهران به عنوان یک تالاب فصلی آب شیرین اهمیت دارد که متاسفانه در چند سال اخیر بدلیل کاهش بارش خشک شده است. این تالاب زیستگاهی برای جوجه آوری پرندگان بومی و محل زمستان‌گذرانی پرندگان مهاجر بوده و بدون آن حیات این پرندگان به مخاطره می‌افتد. این زیستگاه دارای ارزش های بوم شناختی، اقتصادی، اجتماعی و بهبود کیفیت محیط زیست می‌باشد. این تالاب برای سالیان زیادی محل تخلیه پسابهای صنایع بالادست از جمله شهرک صنعتی چرم‌شهر بوده و در حال حاضر نیز تنها ورودی مهم به این تالاب به شمار می‌رود. مطالعات بسیار محدودی بر روی تاثیر این پسابها بر روی کیفیت خاک تالاب صورت گرفته است. در تحقیق حاضر جهت بررسی وضعیت خاک تالاب از خاک سطحی نقاط شمالی و جنوبی تالاب تا عمق ۱۵ سانتیمتر نمونه برداری و پارامترهای فیزیکوشیمیایی و برخی فلزات سنگین در آنها اندازه گیری گردید. بیشترین مقدار کروم و روی در خاک قسمت شمالی تالاب، مشاهده گردید.

در این تحقیق بر اساس نتایج حاصل که نشاندهنده قلیایی بودن (pH>7.9)، بالا بودن میزان آهک و همچنین رسی بودن بافت خاک تالاب است، نتیجه گیری می شود که چون فلزات در محیط اسیدی فعال و قابل انتقال می‌باشند، شرایط موجود باعث تثبیت فلزات در بستر و عدم تحرک آنها می‌شود. لذا در صورت تامین حقابه و همچنین ممانعت از ورود پسابهای صنعتی و زهابهای کشاورزی به تالاب، امید بسیار خوبی به احیاء سریع تالاب و بازگشت توان خودپالایی به آن وجود دارد.

کلمات کلیدی: "تالاب بند علیخان"، "پساب صنعتی"، "شهرک چرمشهر"، "پارامترهای فیزیکوشیمیایی"، "فلزات سنگین"، "نمونه برداری".

۱- مقدمه

تالابها از جمله آثار طبیعی و گردشگری هر کشور به شمار می‌رود. آنها علاوه بر جذب گردشگران داخلی و خارجی، مکان‌هایی بی نظیر هستند که از لحاظ ویژگی‌های بوم شناختی منحصر به فرد بوده و به آسانی از سایر بوم سازگان‌ها قابل تفکیک می باشند. آب و خاک این اکوسیستم شرایط خاص خود را دارند و این شرایط امکان رویش هر گیاه و زیست هر جانوری را میسر نمی‌سازد و از طرف دیگر گونه‌های زیستی بی نظیری را که بعضاً در هیچ یک از زیستگاه های طبیعت یافت نمی‌شوند را پرورش می‌دهد (کرمی، ۱۳۹۶).

اهمیت زیستگاه های آبی به عنوان بوم سازگان های غیرقابل جایگزین برای موجودات زنده وابسته به آنها و نیز برای نگهداری تنوع زیستی بسیاری از گونه های جانوری و گیاهی، لزوم حفاظت از این مناطق را دوچندان کرده است.

بررسی اخیر وضعیت تالابهای ایران (تالابهای بین المللی، تالابهای حفاظت شده و غیر حفاظت شده) نشان می‌دهد که بسیاری از آنها در اثر عدم وجود شاخصهای مدیریتی، مدیریت غیرکارا، بهره برداری نامعقول، تغییر و تبدیل کاربری زمین‌های تالابها، سد سازی، شکار و صید غیرقانونی و صدور مجوزهای بیش از حدِ توان تحمل، کم آبی و خشک سالی، اجرای طرحهای عمرانی در حوضه‌های آبخیز تالاب ها، وارد کردن گونه‌های گیاهی و جانوری غیر بومی به بهانه‌های تکثیر و پروش، احداث بزرگ راه‌ها، اکتشاف نفت در تالاب های ساحلی، برداشت آب تالابها، سبب کاهش، خشکیدن و از بین رفتن تالاب های و منابع تالابی ایران شده است (بهروزی راد، ۱۳۹۵).

تالاب بندعلیخان، تالابی فصلی با مساحتی حدود ۳۷۵ هکتار و دارای آب شیرین است. اگر چه نسبت به سایر تالاب های ایران ناشناخته و اطلاعات کمی در مورد آن وجود دارد، اما از دیرباز پناهگاه، استراحتگاه و زیستگاه بسیاری از پرندگان مهاجر بوده است (نجات خواه معنوی، ۱۳۸۹). این تالاب مکانی برای نوشیدن آب، منبع تغذیه، پناهگاه و زیستگاه جوجه آوری پرندگان بومی و مهاجر بوده و از طرفی دیگر به عنوان استراحتگاه موقت پرندگان مهاجر عبوری به شمار می‌رود و بدون آن حیات این پرندگان به مخاطره می‌افتد (سعیدنژاد، ۱۳۸۸).

این تالاب از شمال، به حوزه شهرستان ورامین، از جنوب به صورت یکپارچه به دشت مسیله و سواحل دریای نمک در استان قم، از غرب به دشت سیاه پرده و بلندی های معروف به کوه مره و از سمت شرق به دریای نمک وصل می‌شود. به خاطر فصلی، کویری و دشتی بودن بستر تالاب و با توجه به تغییرات در میزان نزولات جوی و منابع آب سطحی تغذیه کننده آن، وسعت تالاب متغیر می‌باشد. ارتفاع آن از سطح دریا، ۱۱۰۰ متر و همه ساله از ابتدای فصل بارش (اوایل پاییز)، به دلیل جاری شدن آب، رودخانه های فصلی و آب های سطحی شهر تهران شکل می‌گیرد. ولی به دلیل حاکمیت شرائط خشکسالی و کاهش بارندگی در سالهای اخیر، و همچنین برداشت بی‌رویه آب رودخانه‌های مغذی این تالاب، شرائط خشکی بر آن حاکم شده است. نکته حائز اهمیت آنکه حیات این ناحیه به دو پارامتر کمیت و کیفیت آب تالاب وابسته است علی الخصوص آنکه تالاب بند علیخان بخشی از منطقه حفاظت شده کویر (ذخیره ژنتیکی کویر) و یکی از منابع آبی مهم آن را تشکیل می‌دهد. عبور آب رودخانه‌های منتهی به تالاب از مراکز شهری، صنعتی و مناطق دارای توسعه کشاورزی منجر به نزول کمی و کیفی آن و خارج شدن آن از چرخه طبیعی منطقه کویری می‌گردد (الماس وندی، ۱۳۹۱). ورود منابع آلاینده به داخل تالاب خطری جدی برای تالاب و زندگی جانوران و گیاهان وابسته به آن محسوب می‌شود. تداوم حیات در این اکوسیستم نیازمند برنامه ریزی دقیق برای حفاظت از آن می‌باشد (نجات خواه معنوی، ۱۳۸۹).

متاسفانه مطالعات کمی در خصوص تالاب علیخان صورت گرفته و بسیاری از اطلاعات موجود نیز مربوط به سالهای قبل می‌باشد. در این تحقیق به بررسی وضعیت اکولوژیکی و وضعیت خاک تالاب بند علیخان و تاثیرات ناشی از ورود چندین ساله انواع پسابها به آن پرداخته شده است.

۲- روش انجام تحقیق

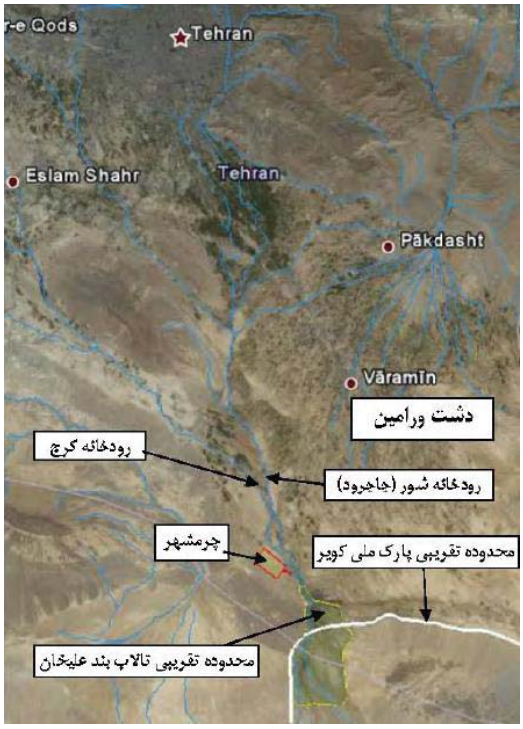
- **معرفی منطقه مورد بررسی**

بند علیخان، تالاب کویر مرکزی ایران می‌باشد. این تالاب نام خود را از بند خاکی احداث شده بر روی رودخانه شور توسط فردی به نام علی خان در حدود ۱۰۰ سال پیش گرفته است. او برای انتقال آب رودخانه شور و بخشی از سیلاب ها جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی خود در اراضی پایین‌دست، اقدام به احداث آن نمود. این منطقه که در اصل بخشی از سواحل دریای نمک در جنوب ورامین است، زمستان ها پذیرای پرندگان مهاجر گردید.

- **مشخصات هیدرولوژیکی تالاب بند علیخان**

تالاب بند علیخان در مجاورت پارک ملی کویر قرار دارد. این تالاب به طور طبیعی در ابتدای دشت کویر ایران قرار گرفته و به واسطه استفاده از منابع آبی ورودی از دامنه‌های البرز کمی متفاوت از سایر بخش‌های دشت کویر است. بخشی از آب ورودی به ابتدای تالاب از سرشاخه‌های رودخانه جاجرود تامین می‌گردد که پس از عبور از پاکدشت و قره چک و تجمع در تالاب‌های قرچک به صورت آب مازاد سطحی و یا آب زیرزمینی به سمت کویر رها می‌گردد. بخش دیگری که از غرب به سوی آن جاری می‌شود حاصل جریان‌های فصلی و یا دایمی (بر حسب میزان بارش ها سالانه متفاوت است)، آب رودخانه کرج است که از شهر صنعتی سیمین دشت، مناطق برداشت ماسه در شرق فردیس، منطقه شهری اسلام شهر، محدوده‌های توسعه یافته کشاورزی حسن آباد، آراد و اشتهازان می گذرد و در شمال چرم شهر به رودخانه جاجرود نزدیک شده و به آن می‌ریزد (الماس وندی، ۱۳۹۱).

وضعیت منطقه کویر، تالاب بند علیخان و رودخانه‌های منتهی به کویر در شکل ۱ نشان داده شده است (الماس‌وندی، ۱۳۹۱).



شکل ۱- منطقه کویر، تالاب بند علیخان و رودخانه‌های منتهی به تالاب، مناطق صنعتی و کشاورزی مجاور (الماس وندی، ۱۳۹۱).

تالاب بند علیخان در فصول گرم سال به دلیل کمبود بارش و بالا بودن میزان تبخیر به صورت باتلاق و گنداب در آمده و گاهی کاملاً خشک می‌شود. بر اساس تقسیم بندی‌های مختلف اقلیم تالاب خشک و خشک سرد است. متوسط بارندگی در تالاب ۱۰۰ میلیمتر است که این مقدار نسبت به سالهای مختلف از ۵۰ تا ۳۰۰ میلی لیتر متغیر بوده و بیشتر نزولات آسمانی از آبان تا اردیبهشت ماه صورتمی‌گیرد حداقل دمای آن ۵- درجه و حداکثر آن ۴۴ درجه سانتیگراد است ولی زمستان آن به نسبتاً معتدل است.

خاک تالاب از نوع خاک شور و باتلاقی است این تالاب در دشت سیاه پرده واقع است این دشت در منتها الیه غربی منطقه حفاظت شده کویر قرار دارد. تالاب بند علی خان دشت سیاه پرده را از دشت مبارکه جدا می‌کند. نیمی از مساحت تالاب خارج از محدوده حفاظت شده کویر قرار دارد. بخشی از تالاب که داخل منطقه حفاظت شده کویر واقع است مورد تعلیف احشام در دو فصل مجاز تعلیف بهاره و زمستانه برای آن دسته از عشایر ورامین که دارای پروانه تعلیف هستند قرار می‌گیرد. تعلیف زمستانه از اوایل آذر لغایت اوایل دیماه و تعلیف بهاره از اوایل فروردین لغایت اوخر اردیبهشت ماه با پروانه دامداران مجاز می‌باشد. در آن قسمت از محدوده تالاب که در خارج از محدوده حفاظت شده کویر واقع شده است تنها کاربرد فعلی تعلیف احشام است ضمناً در فصل مجاز شکار پرنده تعداد زیادی از شکارچیان در منطقه آزاد تالاب اقدام به شکار پرنده می‌نمایند (موسوی، ۱۳۹۱).

- **پرندگان منطقه**

این تالاب زیستگاه و محل زمستان‌گذرانی پرندگانی همچون اردک‌های سرسبز، خوتکا، غازها، آبچلیک‌های پاسبز و پاسرخ و فیلوش است اما بیش از همه در این تالاب چنگر یافت می‌شود. با بررسی های مکرر که از تالاب بند علیخان در فصول مختلف سال به عمل آمد جمعا ۹۸ گونه از ۲۸ خانواده شناسایی شده اند. این تعداد گونه تقریباً ۲۰ درصد گون های پرندگان شناسایی شده ایران را تشکیل می‌دهند. از گونه های پرندگان این تالاب ۶۷ گونه به ۲۰ خانواده خشک زی ۱۳ گونه به ۲ خانواده آبزی و ۱۸ گونه به ۶ خانواده کنار آبزی تعلق دارند. بر خلاف تصور رایج که پنداشته می‌شود تنها پرندگان آبزی و کنار آبزی به تالابها وابسته اند. حیات پرندگان خشکی نیز به این اکوسیستم وابسته است حیات پرندگان خشکی زی از تنوع پرندگان آبزی و کنار آبزی بیشتر است. در فصول خشک سال گونه های غالب پرندگان تالاب خشکی زی می‌باشند این گونه ها شامل لاشخور، چکاوک، بلبل، سسک و مرغ مگس خوارهستند. در تالاب بند علی خان ۶ گونه پرنده در معرض تهدید به انقراض مشاهده شدند که عبارتند از: هما، دال، بالابان، کرکس، عقاب شاهی، دلیجه کوچک. این تعداد ۶ درصد پرندگان تالاب را تشکیل می‌دهند. در انتها این نکته یادآوری می‌شود که خشک شدن تالاب بند علیخان در سالهای اخیر، میزان حضور پرندگان در این تالاب را دستخوش تغییرات اساسی و با کاهش جدی مواجه کرده است (سعیدنژاد، ۱۳۸۸).

- **گیاهان منطقه**

خاک تالاب از نوع شور و باتلاقی است از این رو اغلب گیاهان این منطقه شورپسند بوده و دارای برگ ها و ساقه‌های آبدار می‌باشند. مطالعات خیلی کمی در زمینه شناسایی پوشش و گونه‌های گیاهی تالاب علیخان صورت گرفته است. تا سال ۱۳۷۸ در این تالاب جمعاً ۲۹ گونه گیاهی از ۱۱ خانواده شناسایی شده اند. جوامع گیاهی تالاب علیخان به گونه‌های عمده چون گوشاب شانه ای، جلبک سبز، عدسک آبی، نی معمولی، گز و جگن محدود می‌شوند (موسوی، ۱۳۹۱).

براساس مطالعات صحرائی انجام شده بر روی کاهش سطح پوشش گیاهی، انحصـار گونه‌های گیاهی به یک یا دو گونه خاص و بردبار (Phragmites australis subsp stenophylla) که به هیچ وجه از توانایی و انبوهی لازم برای شرایط پایه زیستی برخوردار نیستند، در روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه بارز است. در شرایط

کنونی با توجه به خشـک شـدن تالاب، جمعیت گیاهان تالاب بسـیار کاهش یافته به گونه‌ای که سـطح نیزارهای تالاب به میزان ناچیزی تقلیل یافته است (موسوی، ۱۳۹۱).

- **معضلات زیست محیطی تالاب علیخان**

در طی سالهای گذشته و با سرعت گرفتن توسعه مناطق شهری و عدم کنترل صنایع آلاینده تالاب پارک کویر (بند علیخان) که یکی از مهمترین آبشخورهای حیات وحش کویر مرکزی به شمار می‌رود بطور وسیعی تخریب شده است (الماس وندی، ۱۳۹۱). کاهش بارشها و بروز خشکسالی نیز به این موضوع دامن زده است.

گفتن اینکه بندعلیخان به کلی ویران شده اغراق است اما آلودگی آب که از فاضلاب کارخانه‌های چرم‌سازی ناشی می‌شود و شکار بی‌رویه پرندگان آبزی در این منطقه حفاظت شده که شکار تنها با مجوز مجاز است، نگرانی دوستداران محیط زیست را منجر شده است (سعیدنژاد، ۱۳۸۸).

پسابهای آلوده صنایع بالادست وارد تالاب شده و به این ترتیب حیات تالاب را که بخشی از منطقه حفاظت شده کویر به شمار می‌رود، با خطر مواجه ساخته است. همچنین زهاب خروجی از اراضی زراعی آغشته به بقایای کودها و آفت کش ها واقع در بالادست تالاب از دیگر آلاینده‌های تاثیر گذار بر تالاب علیخان می‌باشد. طرح‌های زیادی برای جلوگیری از آلودگی بندعلی‌خان اجرا شده است. ولی یکی از موضوعات اساسی تالاب که تامین حقابه آن است مغفول واقع شده و امکان خودپالایی از تالاب سلب شده است. از دیگر معضلات این تالاب شکار بی‌رویه پرندگان است که جای بسی تأسف دارد (سعیدنژاد، ۱۳۸۸).

- **معرفی تحقیق حاضر**

برای تعیین میزان حساسیت‌های اکولوژیک، پوشش گیاهی و حیات وحش خشکی زی و آبزی، باید کیفیت آب و خاک تالاب، منابع آلاینده ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و صنایع منتهی به تالاب مورد توجه و بررسی قرار گیرد (الماس وندی، ۱۳۹۱).

با توجه به اینکه تالاب بندعلیخان، تالابی فصلی و در ناحیه خشک ایران است و در شرایط حاضر به علت خشکسالی و تبخیر زیاد آب، تقریباً خشک شده است، امکان نمونه برداری آب و بررسی آن وجود نداشت. بنابراین در این مطالعه تنها به بررسی خاک تالاب اکتفا گردید.

- **مشخصات جغرافیایی محل نمونه برداری**

در مطالعه حاضر نمونه برداری خاک از دو قسمت تالاب انجام پذیرفت که مشخصات جغرافیایی محل برداشت نمونه های ۱ و ۲ در جدول ۱ و شکل ۲ نشان داده شده است. نمونه ها از سطح خاک و تا عمق ۱۵ سانتیمتری برداشت شده اند. به هنگام نمونه برداری، تالاب عملا خشک بوده و آب ناچیزی در تالاب وجود داشته است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های انتخابی نمونه برداری در تالاب بندعلیخان

نمونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	مشخصات محل
۱	51 35′ 51.0″	35 04′ 47.0″	قسمت شمالی تالاب، ابتدای دماغه تالاب بند علیخان، پس از محل تلاقی پساب چرمشهر
۲	51 35′ 31.8″	35 03′ 38.4″	قسمت جنوبی تالاب، یک کیلومتری شمال غربی پاسگاه بند علیخان، دو کیلومتر پایین‌تر از نمونه ۲

- **تعیین کیفیت خاک تالاب**

به منظور بررسی وضعیت کیفی خاک تالاب علیخان پارامترهای درصد رطوبت، درصد اشباع، pH، EC، TNV، افت حرارتی، بافت خاک و همچنین فلزات سنگین (Cd, Cr, Co, Hg, Ni, Pb و Zn) در دو نمونه خاک نمونه برداری شده، مورد اندازه گیری قرار گرفت. همچنین به منظور تحلیل شرایط کیفی از استاندارد کیفی خاک سازمان حفاظت محیط زیست، استاندارد کشورهای کانادا و آلمان استفاده شد.

شکل ۲- موقعیت ایستگاه های انتخابی نمونه برداری در تالاب بندعلیخان

۳- نتایج

در این بررسی دو نمونه از خاک تالاب از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتر برداشت شد. برای آنالیزهای فیزیکوشیمیایی، نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه به روش هواخشک (ISO 11464) آماده سازی شد. بدین منظور نمونه ها به ضخامت حداکثر ۱۵ میلیمتر بر روی سطح عاری از آلودگی پهن شده و به مدت ۴۸ ساعت در مجاورت هوا با شرایط آزمایشگاه و دور از وزش باد و تابش نور خورشید قرار داده شد. قبل از شروع آماده سازی، دو زیر نمونه از خاک اولیه برای تست درصد رطوبت خاک در محل برداشت شد. پس از هواخشک شدن نمونه‌ها، با استفاده از هاون دستی کلوخه های خاک کوبیده شده و خاک از الک شماره ۱۰، با اندازه سوراخهای ۲ میلیمتر عبور داده شد. ریشه ها و دانه‌های گیاهان از نمونه ها جدا شد که این موارد در نمونه شماره ۱ (ورودی تالاب) بیشتر از نمونه شماره ۲ وجود داشت. از نمونه هواخشک و رد شده از الک ۲ میلیمتر برای آنالیزهای فیزکوشیمیایی خاک استفاده شد. اندازه گیری pH و EC در این خاکها به روش عصاره اشباع انجام شده است. به این منظور ابتدا با استفاده از آب مقطر از نمونه ها گل اشباع تهیه شد و سپس گل اشباع به مدت ۲۴ ساعت در ظرف دربسته نگهداری شد. سپس عصاره اشباع با استفاده از پایه عصاره گیر و پمپ خلا استخراج گردید. افت حرارتی خاک که در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد صورت گرفته است و بافت خاک در این دو نمونه به روش هیدرومتری انجام شده است. کلیه آنالیزها بر اساس نشریه ۸۹۳ موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی (احیایی، دسترسی ۱۳۹۵) صورت گرفت که نتایج این آنالیزها در جدول ۲ ارائه شده است.

جهت اندازه گیری پارامترهای فلزی، نمونه ها آماده سازی و محلول حاصل توسط دستگاه جذب اتمی Varian 240 در طول موج مخصوص به هر فلز و لامپ مربوطه آنالیز گردید (Moopam, 2010) که نتایج اندازه گیری غلظت فلزات فوق به صورت میانگین غلظت در جدول ۳ بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم ارایه شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی خاک تالاب بند علیخان

ردیف	نمونه	درصد رطوبت (در محل)	درصد اشباع	pH	EC	TNV	افت حرارتی	بافت خاک		
								Clay	Silt	Sand
		%	%	---	mS/cm	%	%	%	%	%
۱	خاک ۱	۵۸/۵۰	۱۰۱/۵۲	۷/۹۲	۶۶/۴	۳۱/۵	۱۲/۵۲	۱۳	۴۹	۳۸
۲	خاک ۲	۳۷/۷۴	۸۳/۲۳	۷/۹۱	۹۰/۲	۱۱/۹	۸/۳۱	۳۶	۴۵	۱۹

جدول ۳- نتایـج آنالیز پارامترهای فلزی در نمونه‌های خاک تالاب علیخان

ردیف	نمونه	فاکتورهای مـــورد سنجش						
		Cd mg kg^{-1}	Co mg kg^{-1}	Cr mg kg^{-1}	Hg mg kg^{-1}	Ni mg kg^{-1}	Pb mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}
۱	خاک ۱	۰/۶	۴/۸۱	۳۷۷۴/۵۹	۰/۰۳۱	۱۳/۵۲	۲۰/۳۲	۲۰۶/۰۷
۲	خاک ۲	۰/۵	۱۵/۵۱	۱۵۵/۱۵	۰/۰۷۴	۳۳/۰۹	۳۵/۲۳	۱۷۲/۱۳

اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد که درصد رطوبت خاک در قسمت‌های شمالی و ورودی تالاب بیشتر از بخشهای جنوبی آن است. وجود ریشه‌های گیاه بیشتر در نمونه ۱ نیز بیانگر فعالیت بیشتر گیاهان در بخشهای شمالی تالاب است.

میزان هدایت الکتریکی (EC) خاک ها در نمونه‌های ۱ و ۲ به ترتیب مقادیر ۶۶/۴ و ۹۰/۲ میلی زیمنس بر سانتیمتر است که حاکی از شوری بسیار بالای خاک تالاب است. این شوری علاوه بر آنکه به دلیل نمکی بودن ذاتی خاک منطقه است، به دلیل ورود پسابهای تصفیه نشده با تالاب نیز تشدید می‌شود که این تجمع در بخشهای میانی تالاب بیشتر از ورودی آن است.

میزان pH خاک در هر دو بخش تالاب تقریبا مساوی و برابر ۷/۹۱ بوده که نشان می‌دهد خاک تالاب در شرائط قلیایی قرار دارد. این مساله از این نظر مایه‌ی امیدواری است که علیرغم مواجهه‌ی تالاب با پسابهای آلوده وارد شده به آن، خوشبختانه خاک آن به شرایط اسیدی وارد نشده است. قلیایی بودن خاک موجب کاهش تحرک‌پذیری یونهای فلزیو ممانعت از انتشار آلودگی آنها می‌گردد.

از سوی دیگر میزان TNV (مواد خنثی شونده یا آهک خاک) نیز به خصوص در نمونه شماره ۱ مقدار بالایی است که بیانگر شدت آهکی بودن خاک تالاب است و این موضوع به پایداری pH و تثبیت آلاینده‌ها کمک می‌نماید.

بر اساس نتایج آنالیز افت حرارتی خاک، هر دو نمونه دارای مقادیر بالایی از مواد آلی عمدتاً ناشی از فعالیتهای گیاهی هستند که این مقدار در نمونه ۱ که در بالادست تالاب است بیشتر است. قابل ذکر است در این نمونه میزان بیشتری از ریشه و دانه گیاهان مشاهده شد و نمونه به هنگام تهیه گل اشباع، فعالیتهای بیولوژیک منجر به تولید حبابهای گاز از خود نشان داده است.

نتایج بافت خاک نشان دهنده مقدار بالای رس در خاک بخصوص در نمونه شماره ۲ (قسمتهای جنوبی تالاب) است. از سوی دیگر وجود مواد آلی در خاک موجب به هم چسبیدگی ذرات رس و تشکیل ذرات بزرگتر خاک می‌شود که این مساله ممکن است موجب نمایش بیشتر میزان ماسه و کاهش میزان رس در نمونه ۱ شده باشد.

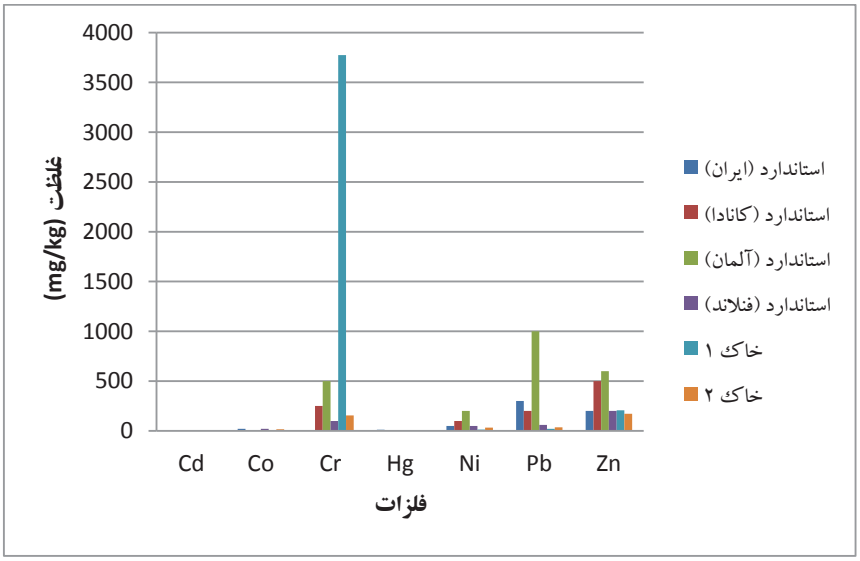
میزان درصد اشباع نمونه ها نیز به ترتیب ۱۰۱/۵۲ و ۸۳/۲۳ برای نمونه ۱ و ۲ است که بیانگر قابلیت جذب آب بسیار بالا به دلیل ریزدانه بودن بافت آنها است. این مساله به نگهداشت آب در خاک کمک شایانی می‌نماید. ریزدانه بودن خاک و بالا بودن مقدار رس آن، نقش مهمی در جذب سطحی آلاینده‌ها و ممانعت از تحرک پذیری آنها دارد.

با توجه به نتایج آنالیز فلزات در ۲ نمونه خاک (جدول ۳) میزان غلظت فلزات مورد آنالیز در نمونه های خاک متفاوت بود. بیشترین مقدار کروم و روی در نمونه خاک شماره ۱ (قسمت شمالی تالاب، ابتدای دماغه تالاب بند علیخان، پس از محل تلاقی پساب چرمشهر) مشاهده گردید.

نتایج با استاندارد کشورهای ایران، کانادا، آلمان و فنلاند مقایسه گردید (استاندارد ایران، ۱۳۹۴; MEF, 2007; HE, et al, 2015) (شکل ۳). به علت اینکه در استاندارد ایران، استاندارد کروم کل وجود ندارد از استاندارد کروم این کشورها مطابق جدول ۴ استفاده گردید.

جدول ۴- حد مجاز استاندارد فلزات در خاک مطابق استانداردهای معتبر

ردیف	منابع	فلزات						
		Cd mg kg^{-1}	Co mg kg^{-1}	Cr mg kg^{-1}	Hg mg kg^{-1}	Ni mg kg^{-1}	Pb mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}
۱	مقادیر محاسبه شده استاندارد آلایندگی خاک (pH>7) استاندارد ایران (از نظر حفاظت محیط زیست)	۳/۹	۲۰	–	۱۲	۵۰	۳۰۰	۲۰۰
۲	استاندارد کشور کانادا	۳	–	۲۵۰	۰/۸	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
۳	استاندارد کشور آلمان	۵	–	۵۰۰	۵	۲۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰
۴	وزارت محیط زیست، فنلاند	۱	۲۰	۱۰۰	۰/۵	۵۰	۶۰	۲۰۰



شکل ۳- مقایسه غلظت فلزات در نمونه های خاک با استاندارد های معتبر

با توجه به اینکه جنبش و تحرک فلزات سنگین در محیط‌های مختلف بستگی به تغییرات خاصیت فیزیکوشیمیایی آب، خاک و رسوبات دارد، لذا رسوبات حاوی فلزات با نزول pH (اسیدی شدن) به جنبش در آمده و نهایتا فلزات سنگین پیوند یافته را از دست می‌دهند.

بنابراین در تحقیق حاضر بر اساس نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک شامل pH که نشاندهنده قلیایی بودن خاک، TNV که بیانگر شدت آهکی و قلیایی بودن خاک تالاب و همچنین بافت خاک که رسی بودن خاک تالاب را نشان می‌دهد، می توان اینطور نتیجه گیری کرد که چون فلزات در محیط اسیدی فعال و قابل انتقال می‌باشند، لذا شرایط موجود باعث تثبیت فلزات در بستر تالاب و عدم تحرک و انتقال آنها به قسمت‌های دیگر می‌شود.

مقایسه نتایج بدست آمده با استانداردهای جدول ۴ نشان می دهد در نمونه شماره ۱، میزان فلز روی بالاتر از حد استاندارد ایران و فنلاند و همچنین مقدار کروم کل بالاتر از حد استاندارد کشورهای کانادا، آلمان و فنلاند می باشد و در نمونه شماره ۲ مقدار کروم کل کمی بالاتر از حد استاندارد کشور فنلاند می باشد. علت بالا بودن میزان کروم و روی در خاک شماره ۱ نسبت به خاک شماره ۲ می‌تواند به دلیل موقعیت نمونه که از قسمت شمالی تالاب، ابتدای دماغه تالاب بند علیخان و پس از محل تلاقی پساب چرمشهر برداشت شده، باشد که ناشی از ورود پساب کارخانه چرمشهر طی سالهای متمادی به این منطقه است که به علت قلیایی و رسی بودن خاک در همین منطقه تثبیت شده و به قسمت پایین تر کمتر انتقال یافته است. به طوریکه در خاک شماره ۲ که از قسمت جنوبی تالاب، یک کیلومتری شمال غربی پاسگاه بند علیخان و دو کیلومتر پایین‌تر از نمونه خاک ۱ نمونه برداری شده، میزان کروم و روی کمتر می باشد.

٤- نتیجه گیری

در نهایت نتایج حاصل از بررسی منطقه مورد مطالعه مشخص می‌کند که در دهه‌های گذشته فعالیت‌های انسانی و به تبع آن تولید انواع فاضلاب‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی و ورود آن به محدوده تالاب بند علیخان که نقطه ابتدایی پارک ملی کویر به حساب می‌آید، اثرات جبران ناپذیری را بر اکوسیستم تالابی آن وارد نموده است. ورود این مواد بیش از حد تحمل تالاب، نابودی تالاب بندعلیخان را که زیستگاهی طبیعی برای گونه های جانوری و گیاهی بومی و نادر منطقه خشک و بیابانی پارک ملی کویر است و نقش به سزایی در تصفیه و پالایش آب منطقه دارد را فراهم نموده است. به طوریکه عملا ادامه حیات تالاب را تحت الشعاع خود قرار داده است. عدم توجه به حفظ محیط زیست و حفاظت از اکوسیستم‌های محدوده مطالعاتی و روند رو به رشد تخریب آنها، عامل اصلی از دست رفتن این تالاب ارزشمند است .

بنابراین اقدام جدی جهت احیای این تالاب از اهم اقداماتی است که باید توسط مسئولین و همچنین مردم صورت پذیرد. لذا پیشنهاد می شود ضمن تلاش در جهت احیای تالاب بند علیخان و باز گرداندن حقابه‌های آن، نظارت بیشتر بر تخلیه فاضلاب‌های صنایع مستقر در اطراف تالاب صورت گرفته و اجرای قوانین و مقررات محیط زیستی در رابطه با استفاده از سموم و تخلیه فاضلاب ها در دستور کار آنها قرار گیرد تا آلاینده های کمتری وارد تالاب شوند.

در خصوص صنایعی که دارای تصفیه خانه هستند باید در جهت بهبود کارایی آنها اقدام نمایند و در صورت عدم داشتن تصفیه خانه، ملزم به نصب و راه اندازی آن گردند به طوریکه کیفیت فاضلاب خروجی آنها منطبق با استانداردهای سازمان محیط زیست و سایر استانداردهای معتبر دنیا باشد. همچنین از ورود فاضلاب های کشاورزی ناشی از شستشوی زمین های کشاورزی حاوی کودهای شیمیایی به درون تالاب که باعث آلوده شدن خاک و گیاهان منطقه می‌شود، جلوگیری به عمل آید.

بدون شک حفظ ارزش‌های زیست محیطی و حفظ تنوع زیستی منطقه و بازسازی شرایط اکولوژیکی منطقه مستلزم مدیریت جامع و یکپارچه در راستای توسعه پایدار می‌باشد. تجارب جهانی حفاظت از تالاب ها نشان می‌دهد که می‌توان از برنامه ریزی و مدیریت مشارکتی به عنوان ابزار تحقق اهداف سه گانه (اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی) توسعه پایدار تالاب بهره گرفت. ابزار فوق را می‌توان برای حفاظت تالاب بند علیخان به کار گرفت.

٥- منابع

– احیایی، م، بهبهانی‌زاده، ع.، دسترسی ۱۳۹۵، شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳.

– استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن، ۱۳۹۴، معاونت محیط زیست انسانی، دفتر آب و خاک.

– الماس وندی، ع، حیدرزاده، ن و کاووسی ک.، ۱۳۹۱، اثر فعالیتهای توسعه انسانی بر روی تالاب های پارک ملی کویر، اولین همایش ملی بیابان.

– بهروزی راد، ب.، ۱۳۹۵، چالشهای محیط زیست تالابها و حیات وحش ایران و راهکارهای حفاظت آنها ، اولین کنفرانس بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران های زیست محیطی ایران، راهکارها و چالش ها.

– سعیدنژاد، م. ، ۱۳۸۸، آرشیو نظرات محیط زیست ایران، سایت http://mohitezisteiran-84.blogfa.com/post-2.aspx

– شهرام،ا.، کرمی، ش.، ۱۳۹۶، مدیریت راهبردی تالابها از طریق شناسایی و کاربرد شاخص های نظارتی، چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست

– موسوی، ح، لیاقت ع، مریدنژاد، ع، علیزاده، ح و نظری، ب.، ۱۳۹۱، بررسی پیامدهای محیط زیستی آلاینده های کشاورزی و صنعتی بر تالاب بند علیخان – شهرستان ورامین، همایش ملی بهره برداری بهینه از منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

– نجات خواه معنوی، پ، مهدوی، م و فروزد، م.، ۱۳۸۹، بررسی جوامع پلانکتونی و کیفیت آب درتالاب بند علی خان، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۲، شماره ۱.

- HE, Z, et al. 2015. , Heavy Metal Contamination of Soils: Sources, Indicators, and Assessment. Journal of Environmental Indicators, Vol. 9, P. 17-18.

- ISO 11464 (E), Review 2016 : Soil quality – Pretreatment of Samples for Physico-Chemical Analysis.

- Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (Moopam). The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME). 2010. P. 214-255.

- Ministry of the Environment, Finland (MEF), 2007. Government Decree on the Assessment of Soil Contamination and Remediation Needs.

بررسی انواع روش های آزمایشگاهی، تحقیقات صحرایی و ژئوفیزیکی برای مطالعات ژئوزیست محیطی لندفیل های زباله جامد

عبدالحسین حداد[۱]، امیرحسین رفیعیان[۲]، مهدی خیرخواهان[۳]، دانیال رضازاده عیدگاهی[۴]

۱-دانشیار، دانشگاه سمنان، ahadad@semnan.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه سمنان، A.H.Rafiean@semnan.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران- عمران، دانشگاه سمنان، Meehdikheirkhahan@gmail.com

۴- دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، دانشگاه سمنان، d.rezazade@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۸

چکیده

امروزه یکی از معضلات شهری مدیریت پسماند جامد شهری است که عدم مدیریت مناسب باعث ایجاد لندفیل های غیر استاندارد زباله شهری در گوشه و کنار شهرها شده است. جدای از استانداردهای لازم برای مکان یابی و ایزولاسیون این مناطق که موضوع این تحقیق نیست، شناخت و مونیتورینگ این مناطق برای ارزیابی و بررسی آلوده بودن یا نبودن و همچنین جلوگیری از انتشار آلودگی احتمالی و همچنین در موارد معدود، شناخت خصوصیات مکانیکی، ژئوتکنیکی و ژئوزیست محیطی خاک این مناطق برای مهندسان و مدیران شهری امر بسیار مهمی به شمار می رود. در این تحقیق سعی شده است روش های مورد استفاده برای شناخت و ارزیابی این لندفیل ها در سه بخش روش های ژئوفیزیکی، مطالعات برجای صحرایی و آزمایش های آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت به عنوان مطالعه موردی، تحقیق صورت گرفته در پنج کشور شامل برزیل، اسکاتلند، ترکیه، ایالات متحده و چین معرفی شده اند.

کلمات کلیدی : *"تحقیقات صحرایی"، "لندفیل زباله جامد"، "ژئوزیست محیطی"، "زباله جامد شهری (MSW)"* .

۱- مقدمه

رابطه ی متقابل انسان ها و طبیعت و یا فرآیند قابل تغییر در استفاده از منابع، هدایت سرمایه گذاری‌ها و سمت‌گیری توسعه‌ی فناوری، توسعه‌ی پایدار می‌باشد. توسعه پایدار در واقع تحولی اساسی است که با نیازهای اکنون و آینده‌ی انسان سازگار باشد. از دیدگاه زیست محیطی، توسعه پایدار، هنگامی تحقق می یابد که بر پایه ی اصول بوم شناسی استوار باشد. توجه به مواردی همچون گازهای گلخانه ای، تغییرات آب و هوایی، نابودی لایه ی ازن، تخریب زمین، کاهش منابع تجدیدناپذیر و آلودگی هوای شهرها در گستره ی پیشرفت پایدار می گنجد [1].

با توجه به پیشرفت روزافزون صنعت و از سوی دیگر توسعه شهری امروزه با گسترش زباله های جامد شهری (MSW) و زباله های صنعتی و در نتیجه لندفیل های این زباله ها در اطراف شهرها مواجه ایم. به طور مثال سالانه بیش از ۷۰۰۰ تن زباله جامد در شهر تهران تولید می شود. این لندفیل ها عامل اصلی بسیاری از آلودگی های زیست محیطی در اکوسیستم منطقه به وسیله انتشار آن در هوا، خاک و بخصوص سفره آب زیرزمینی است که می تواند تبعات جبران ناپذیری برای سلامت انسان و سایر جانداران داشته باشد. از سوی دیگر با توجه به رفتار ژئوتکنیکی پیچیده و گاهی غیرقابل پیش بینی این نوع خاک ها در بسیاری از مناطق شاهد خطراتی

نظیر عدم پایداری در لغزش، نشست های نامتعارف، شکاف در زمین و سایر مسائل هستیم[5]–[2]. بسته به ویژگی های لندفیل مورد مطالعه مانند نوع آب و هوای منطقه، نوع غالب زباله های جامد، روش های ارزیابی و سایر مسائل پارامترهای ژئوتکنیکی خاک متفاوت است و مقالات متنوعی از کارهای صورت گرفته در اقصی نقاط دنیا در دسترس است. وزن مخصوص، درصد رطوبت، نسبت تخلخل و نفوذپذیری وابستگی زیادی به نوع ترکیبات غالب مواد زباله موجود در لندفیل بستگی دارد.

ازین رو شناخت و آگاهی نسبت به پارامترهای ژئوتکنیکی و زیست محیطی این لندفیل ها می تواند ما را با خطرات و پیامد های بالقوه و بالفعل این مناطق آشنا کند تا بتوان با شناخت کامل تصمیم درست را نسبت به آن اتخاذ نمود. برای این منظور آزمایش های مختلفی در حیطه های مختلف پیشنهاد شده است، نظیر آزمایش های ژئوفیزیکی به منظور تهیه نقشه ها و خصوصیات کلی لندفیل، آزمایش های برجا برای شناخت خصوصیات خاک محل و آزمایش های آزمایشگاهی به منظور صحت سنجی و مکمل برای سایر آزمایش هایی که انجام شده است. در این تحقیق سعی شده تا با اقتباس از پروژه های بررسی شده در نقاط مختلف دنیا و بررسی انواع روش های تحقیقات صحرایی، شامل آزمایش های برجا و آزمایشگاهی و همچنین مطالعات ژئوفیزیکی، روش های مناسب برای این کار بررسی و ارزیابی شود. همچنین در انتها چند مورد نمونه موردی مورد مطالعه قرار گرفته در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- روش انجام تحقیق

- **بررسی روش های ژئوفیزیکی**

آزمایش های ژئوفیزیکی[1] از آزمایش های غیرمستقیم و غیرمخرب تحقیقات صحرایی است. از مزیت های این روش این است که می توان منطقه وسیعی را با هزینه به نسبت پایین مورد مطالعه قرار داد. خروجی اولیه این آزمایش عموما یک نقشه است که ویژگی های مختلف منطقه مورد مطالعه، مانند ضریب هدایت الکتریکی را در اختیار قرار می دهد. با تفسیر این نتایج می توان دید کلی نسبت به ویژگی های منطقه، مناطق مناسب برای انجام آزمایش های برجا و سایر پارامترها به دست آورد. از طرف دیگر می توان از نتایج این آزمایش، خصوصا آزمایش های الکتریکی، پارامترهای ژئولوژیکی، ژئوتکنیکی، هیدرولوژیکی و زیست محیطی سایت مورد مطالعه را به دست آورد. از جمله مهمترین پارامترهایی که می توان از این روش بدست آورد می توان به عمق بستر سنگی،ناپیوستگی در لایه ها، تغییر بافت خاک، سطح آب زیرزمینی، جریان آب زیرزمینی، وجود یا عدم وجود زباله های شهری و صنعتی در لایه ها، خاک های آلوده و بررسی سلامت آب زیرزمینی اشاره کرد [6].

از میان روش های ژئوفیزیکی موجود، برای مطالعه لندفیل به دلایل اقتصادی، غیرمخرب بودن و سرعت بالا، روش مقاومت سطحی (ERT) توصیه شده است، این روش این مزیت را دارد که شن ها و ماسه های نفوذپذیر را از رس تشخیص می دهد و ازین رو می توان شناخت اولیه خوبی را از منطقه بدست آورد[6]. از این روش برای تهیه نقشه لندفیل (Raynold و Taylor در سال ۱۹۹۶، Bernstone و Dahlin در سال ۱۹۹۷)، پارامترهای ترکیبی (Yuval و Oldenburg در سال ۱۹۹۶، Bernstone و همکاران در سال ۲۰۰۰، Guerin و همکاران در سال ۲۰۰۴) و ارزیابی آلودگی سنگ بستر (Aristodemou و Thomas-Betts در سال ۲۰۰۰، Yoon و همکاران در سال ۲۰۰۳، Abu-Zeid و همکاران در سال ۲۰۰۴، Naudet و همکاران در سال ۲۰۰۴) استفاده شده است. در بسیاری از کارهای صورت گرفته از روش 2D ERT استفاده شده است ولی به دلیل ناهمگونی در لندفیل ها، روش 3D ERT می تواند اطلاعات دقیق تری را در اختیار قرار دهد (Chambers و همکاران در سال ۱۹۹۹، Ogilvy و همکاران در سال ۱۹۹۹، Dahlin و همکاران در سال ۲۰۰۲، Oglivy و همکاران در سال ۲۰۰۲، Chmbers و

[1]. در اکتشافات ژئوفیزیکی برخی از مهمترین خواص فیزیکی زمین توسط ابزارهای ویژه اندازه گیری شده و با تفسیر نتایج حاصله ، شرایط زیر زمین استنتاج می‌شود. خواصی از سنگها که در اکتشافات ژئوفیزیکی ، سنجیده می‌شوند، معمولا شامل کشسانی الاستیسیته ، هدایت الکتریکی ، هدایت حرارتی ، چگالی، خاصیت مغناطیسی و رادیواکتیویته است.

همکاران در سال ۲۰۰۵، Chambers و همکاران در سال ۲۰۰۶ [8]).

گاهی برای دستیابی به اطلاعات موثق و کافی نیاز به اطلاعات بیشتری از سایت لندفیل است که در این حالت روش های ژئوفیزیکی به تنهایی پاسخگوی نیاز محققان نیست. در این حالت می توان از آزمایش های برجای ژئوتکنیکی نظیر SPT، CPT، RCPT و سایر روش ها استفاده کرد که در قسمت های بعدی به آن می پردازیم.

- **بررسی روش‌های آزمایش‌های برجای صحرایی**

بررسی خصوصیات و ویژگی های لندفیل و مطالعات آن مربوط به علوم مختلف مهندسی نظیر ژئوتکنیک، زمین شناسی و مهندسی محیط زیست می شود. مطالعات ژئوزیست محیطی کامل نیاز به بررسی چینه شناسی و بررسی لایه های مختلف زمین، مطالعات ژئوتکنیکی، شناخت آبخوان و برخی از پارامترهای زیست محیطی دارد[6]. انجام آزمایش های ژئوفیزیکی و آزمایش های برجای ژئوتکنیکی می تواند نتایج جامعی در مورد شناخت لندفیل در اختیار ما قرار بدهد. برای این کار تیاز به نمونه گیری و انجام آزمایش های مختلف نظیر گمانه زنی، ایجاد ترانشه و یا آزمایش های صحرایی نفوذی است تا بتوان به شناخت کاملی از شرایط لندفیل دست یافت. از آزمایش های صحرایی نفوذی برای شناسایی جنس لایه های مختلف زمین، خصوصیات مکانیکی لایه های مختلف زمین، شناسایی سفره آب زیرزمینی و سایر موارد استفاده می شود. برای دست یابی به نمونه با دست خوردگی کمتر و افزایش راندمان تجهیزات در آزمایش های نفوذ مستقیم توصیه می شود از لوله های نفوذ با قطر ۴/۳ سانتی متری بر روی کامیون حمل شونده سنگین استفاده شود. امروزه استفاده از آزمایش نفوذ مخروط (CPTU) به دلیل استخراج و ثبت لایه های زمین، فشار آب منفذی و افت و در نتیجه مشخصات نفوذپذیری خاک، پارامترهای آزمایشگاهی و در نتیجه به دست آوردن پارامترهای مکانیکی با استفاده از روابط همبستگی، گسترش یافته است. همچنین می توان از این روش به عنوان شناسایی آلودگی و وضعیت انتشار آن و از گمانه ایجاد شده به عنوان چاه شاهد استفاده کرد و از گمانه زنی مجدد به عنوان روش مخرب جلوگیری به عمل آورد. همچنین از سایر روش های به روز شده ی این آزمایش نظیر آزمایش نفوذ مخروط به همراه اندازه گیری هدایت هیدرولیکی RCPTU یا CPTU-EC استفاده کرد که قابلیت استخراج پارامترهای ژئوتکنیکی، هیدرولوژیکی و پارامترهای کیفی ژئوشیمیایی خاک لندفیل را دارد. در هر ۲/۵ سانتی متر نفوذ، دما و ضریب هدایت الکتریکی خاک ازین دستگاه قرائت می شود. ضریب هدایت الکتریکی خاک به مایعات موجود در خاک و محتوای رسی خاک بستگی دارد. خاک های خشک و یا اشباعی که شامل LNAPL و DNAPL هستند هدایت الکتریکی ضعیفی از خود نشان می دهند. در لندفیل وجود مواد غیرارگانیک محلول و شیرآبه در خاک به طور قابل توجهی این ضریب را افزایش می دهد. از گراف های به دست آمده این آزمایش ها می توان به راحتی لایه بندی و ضریب هدایت الکتریکی هر لایه و وجود تغییرات غیرمتعارف، وجود آلودگی های احتمالی را با دقت بسیار بالایی مشاهده کرد. همچنین در آزمایش های برجا می توان از نمونه گیری از نقاط مختلف لایه ها خصوصا از لایه هایی که زیر سطح آب زیرزمینی است و همچنین گازهای موجود وضعیت وجود یا گسترش آلودگی های احتمالی و نوع آن را مشخص کرد[17].

- **بررسی روش های آزمایشگاهی**

در اینجا به بررسی برخی از پارامترهای ژئوتکنیکی خاک های این نوع لندفیل ها که از آزمایش های آزمایشگاهی به دست می آیند، می پردازیم:

ویژگی های وزنی_حجمی

وزن مخصوص خاک منطقه به سادگی با استفاده از اندازه گیری حجم و وزن نمونه به دست می آید. همچنین می توان نمونه های با حجم ۰/۳ مترمکعبی را برای انجام مطالعات آزمایشگاهی از محل برداشت کرد. برای بدست آوردن درصد رطوبت و نسبت تخلخل باید نمونه ها را به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه در گرمچاله قرار داد و پس از خشک شدن میزان آب از دست رفته و وزن خاک

خشک بدست می آید و با رابطه ۱ می توان درصد رطوبت را محاسبه کرد:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (۱)$$

که در آن m_w جرم مایعات موجود در خاک و m_s برابر جرم خاک خشک است.

برای محاسبه وزن مخصوص می توان ابتدا یک کاسه نمونه گیر را وزن کرد m_0 ، سپس با خاک لندفیل آن را پر نمود و سپس آب را به آن اضافه می کنیم تا نمونه کاملا اشباع شود، وقتی آب به ۲۰۰۰ میلی لیتر رسید، وزن کل کاسه نمونه گیر و خاک درونش را اندازه میگیریم m_1، و سپس آنرا در دمای ۶۵ درجه و به مدت ۷۲ ساعت در گرمخال قرار میدهیم تا به طور کامل خشک شود. درنهایت وزن کل کاسه نمونه گیر و خاک خشک درونش را اندازه میگیریم m_2،وزن مخصوص دانه های جامد از روابط زیر محاسبه می شود:

$$V_w = m_w / \rho_w \quad (۲)$$

$$V_s = V_o - V_w \quad (۳)$$

$$G_s = m_s / (V_s \rho_w) \quad (۴)$$

که m_0 وزن کاسه نمونه گیر خالی است، $m_w = m_1 - m_2$ وزن آب، $m_S = m_2 - m_o$ وزن خشک خاک لندفیل، V_o برابر ۲۰۰۰ میلی لیتر، V_s برابر حجم دانه های جامد خاک لندفیل، V_w حجم آب، ρ_w چگالی آب و G_s وزن مخصوص دانه های جامد است.

برای محاسبه نسبت تخلخل خاک از رابطه زیر استفاده می شود:

$$e = \frac{G_s(1+w)\gamma_w}{\gamma} - 1 \quad (۵)$$

که در آن γ برابر وزن مخصوص خاک لندفیل است.

نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی

برای به دست آوردن نفوذپذیری در این نوع خاک ها از آزمایش نفوذپذیری با بار آبی ثابت استفاده می شود که **Error! Reference source not found.** نشان دهنده جزئیات این دستگاه است. در درون استوانه نفوذسنج و اطراف دیواره داخلی آن شیارهای افقی تعبیه شده تا از تراوش قائم آب در سطح داخلی جانبی مخروط جلوگیری شود. معمولا به دلیل اینکه این نوع از خاک ها دارای دانه هایی با ابعاد درشت و غیر متعارف هستند باید دستگاهی به کار رود تا قطر داخلی آن به اندازه کافی بزرگ باشد تا از ایجاد تراوش قائم آب مطمئن شویم. دستگاهی که در **Error! Reference source not found.** نمایش داده شده دارای ارتفاع $120cm$ و قطر $40cm$ است و فاصله قائم بین دو پیزومتر هم $50cm$ می باشد.

در لندفیل های زباله جامد با افزودن زباله های جدید و ایجاد سرباره بر روی زباله های قدیمی، نفوذپذیری لایه های پایین دستخوش تغییر می شود. توصیه می شود برای این آزمایش خاک لایه لایه و هر بار با کوبش در استوانه ریخته شود. و تعداد ضربه های چکش متناسب با وزن مخصوصی باشد که خاک در لندفیل دارد و توسط آزمایش های برجا اندازه گیری شده است. استفاده از چکش ۱۰ کیلوگرمی از ارتفاع ۸۰ سانتی متری می تواند مناسب باشد.

وزن مخصوص از روابط زیر بدست می آید:

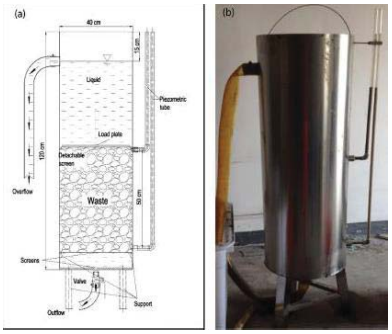
$$\gamma = \frac{mg}{V} \quad (۵)$$

$$V = A.h \quad (۶)$$

که γ وزن مخصوص نمونه بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، m جرم نمونه داخل استوانه بر حسب کیلوگرم، g شتاب جاذبه زمین، V حجم نمونه داخل استوانه بر حسب مترمکعب، A سطح مقطع موثر نمونه بر حسب متر مربع و h فاصله قائم بین دو پیزومتر در استوانه است. سپس با استفاده از رابطه دارسی می توان ضریب هدایت هیدرولیکی را محاسبه کرد:

$$k = \frac{V_l.L}{A.\Delta h.t} \quad (۷)$$

که k ضریب هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتی متر بر ثانیه، t زمان بر حسب ثانیه، L ارتفاع نمونه بر حسب سانتی متر و Δh میزان افت کل آب برحسب سانتی متر است.



شکل ۱. دستگاه نفوذپذیری با بار آبی ثابت

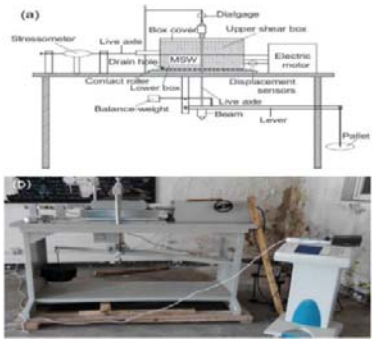
بررسی رفتار برشی خاک لندفیل

به دست آوردن پارامتر های برشی خاک های لندفیل های زباله جامد شهری بسیار دشوار است. برای این منظور استفاده از آزمایش های برجای ژئو تکنیکی دقت کافی را ندارند و همچنین کافی نیست. بهترین روش آزمایشگاهی توصیه شده برای این کار آزمایش برش

مستقیم است. قبل از قرار دادن نمونه در دستگاه برش مستقیم باید قطعات قابل شناسایی و درشت، فلزات و شیشه ها از نمونه جدا شود. و پلاستیک و کاغذ موجود در نمونه باید به قطعات ریز تقسیم شوند. خاک باید به صورت لایه لایه ریخته شود و هر لایه توسط چکش مخصوص کوبیده شود و سپس لایه بعدی اضافه شود، باید تعداد ضربات چکش به گونه ای باشد تا به وزن مخصوص از پیش تعیین شده دست یابیم.

بر اساس آزمایش برش مستقیم، Lavanda و Clerk که از پیشگامان مطالعه در این زمینه بودند در سال ۱۹۹۰ برای زاویه اصطکاک و چسبندگی این نوع خاک ها به ترتیب مقادیر ۲۴-۴۲ درجه و ۲۳-۱۶ کیلوپاسکال ، Eid و همکاران در سال ۲۰۰۰ مقدار ۳۵ درجه و ۵۰-۰ کیلوپاسکال [9] ، Bray و همکاران در سال ۲۰۰۹ مقادیر ۳۶ درجه و ۱۵ کیلوپاسکال [10] ، Reddy و همکاران در سال ۲۰۰۹ مقادیر ۳۰-۲۶ درجه و ۳۱-۶۴ کیلو پاسکال [11] ، را ارائه کرده اند. مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی بین $3\times10^{\wedge}$ تا ۰٫۸ سانتی متر بر ثانیه است (بر اساس کارهای Korfiatis و همکاران در سال۱۹۸۴ [12] ، Chen و Chynoweth در سال۱۹۹۵ [13]، Powrie و Beaven در سال ۱۹۹۹ ، Jang و همکاران در سال ۲۰۰۲ [14] ، Penmethsa در سال ۲۰۰۷ [15] ، Reddy و همکاران در سال ۲۰۰۹ [16]). بدیهی است با توجه به دلایل گفته شده به منظور دست یابی به مقادیر دقیق تر و شناخت کامل تری نسبت به این مسئله بایستی در سایر نقاط دنیا هم مطالعات گسترده صورت گیرد تا بتوان به روابط جامعی نسبت به این نوع از خاک ها دست یافت.

در **Error! Reference source not found.** یک دستگاه آزمایش برش مستقیم نمایش داده شده است. سیستم بارگذاری این دستگاه شامل بارگذاری افقی و قائم است که بارگذاری قائم تنش نرمال بالاتر از ۴۰۰ کیلو پاسکال و بارگذاری افقی توسط موتور تعبیه شده اعمال می شود. اندازه نمونه خاک معمولا $30\times30cm$ است و فک های بالایی و پایینی نمونه $7.5cm$ ارتفاع دارد و هنگام استفاده سطح درگیر بین آنها روغن کاری می شود تا اصطکاک به حداقل برسد. این دستگاه می تواند برای خاک هایی که اندازه بزرگترین ذرات آن تا $5cm$ باشد مورد استفاده قرار گیرد. برخی از این دستگاه ها همانند **Error! Reference source not found.** توسط دیتا لاگر به کامپیوتر متصلند و می توانند سرعت بارگذاری، زمان بارگذاری، بارهای قائم و افقی را نمایش دهند و یا حتی در مدل های پیشرفته تر می توان این مقادیر را به وسیله ی کامپیوتر به نمونه اعمال کرد.



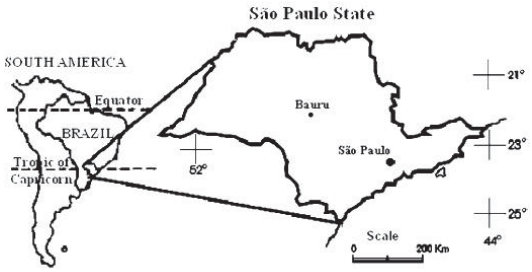
شکل ۲. دستگاه برش مستقیم

۳- نتایج

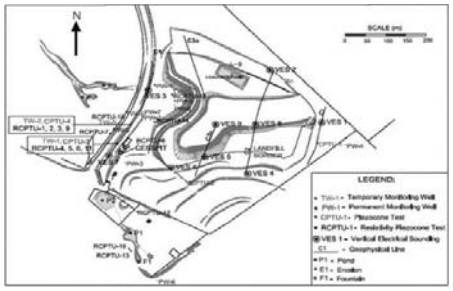
- **مطالعات موردی صورت گرفته در کشورهای مختلف**

مطالعات ژئوزیست محیطی لندفیل زباله جامد در برزیل

Mondelli و همکاران [6] با بهره گیری از روش های ژئوفیزیکی و برجای صحرایی بر روی لندفیلی در شهر بورو[1] در ایالت سائوپائولو تحقیقی انجام دادند و در سال ۲۰۰۶ حاصل این تحقیق را چاپ کردند. روزانه ۲۰۷/۲ تن زباله شهری جامد در این لندفیل تخلیه می گردد. در این تحقیق از روش های ERT به عنوان روش های ژئوفیزیکی و از روش های RCPTU به عنوان روش های برجا
استفاده شده است. همچنین با استفاده از نمونه گیرهای نفوذی، نمونه هایی از خاک به دست آمده است. وضعیت آب زیرزمینی در این سایت با استفاده از چاه های مشاهده ای بررسی شده است؛ **Error! Reference source not found.** و **Error! Reference source not found.** به ترتیب جانمایی شهر بورو[2] و لندفیل مورد مطالعه قرار گرفته شده را نشان می دهند.



شکل ۳. جانمایی شهر بورو در کشور برزیل



شکل ۴. جانمایی لندفیل مورد مطالعه قرار گرفته

نتایج به دست آمده حاکی ازین است که نوع خاک این سایت ماسه سنگ است که با خاک رس ماسه دار رسوبی پوشیده شده، عمق آب زیرزمینی در این لندفیل ۵ متر، ضریب هدایت هیدرولیکی این خاک در حدود 10^{-7} تا 10^{-6} متر بر ثانیه اندازه گیری شده است.

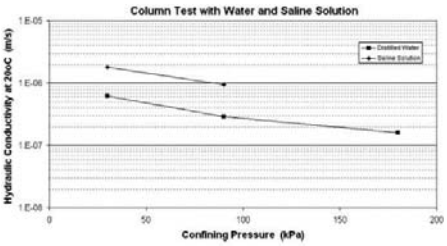
جدول ۱. مشخصات خاک لندفیل

w (%)	γ_n (KN/m^3)	G_s	γ_d (KN/m^3)	e	S_r (%)
6	16	2.7	15	0.8	19
n (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	x :¤ ;	| :¤ ;
45	73	6	21	20	15
، :C ?I 7 ;	{| :¤ ;	w : ;			
1.9	12	x H sr 2 ;			

مقاومت الکتریکی پایین نشانه وجود زباله و یا شیره ی آن در محل است، مشاهده می شود که در لایه های ۲ و ۳ در این سایت مقاومت الکتریکی ۱۰/۲ تا ۱۸/۸ اهم در متر به دست آمده است. در اعماق ۱۶ تا ۲۰ متری این سایت، مقاومت الکتریکی در حدود ۲۸/۹ به دست آمده است. برای ارزیابی وضعیت هدایت هیدرولیکی خاک این سایت نمونه های دست نخورده از خاک محل تهیه و با انجام آزمایش در آزمایشگاه، نتایج به دست آمده برای هدایت هیدرولیکی خاک این سایت در **Error! Reference source not found.**۵ آورده شده است. هدایت هیدرولیکی برای محلول سالین در این خاک حدود ۳ برابر بزرگتر از هدایت الکتریکی آب

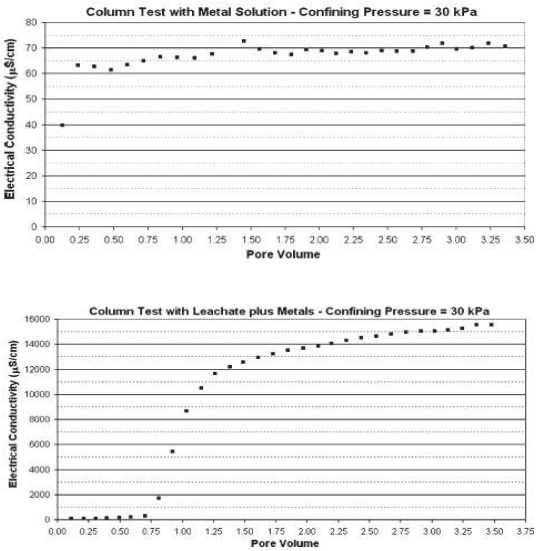
[1] Bauru

مقطر، که در حدود 6×10^{-7} تا 1×10^{-7} متر بر ثانیه است، به دست آمده است.



شکل ۵. وضعیت هدایت هیدرولیکی در لایه های خاک لندفیل

برای ارزیابی وضعیت هدایت الکتریکی خاک این سایت نمونه های استوانه ای دست خورده این خاک به دو صورت اشباع شده با شیرابه فلزی و اشباع شده با شیرابه زباله و فلز در آزمایشگاه مورد تست قرار گرفته است و نتایج آن به صورت نمودارهای **Error! Reference source not found.**۶ به دست آمده است. در نمودار بالایی که نفوذ با شیرابه و فلز است، هدایت الکتریکی از مقدار ۰/۲۵ جهش ناگهانی دارد و پس از آن افزایش آهسته ای دارد تا به مقدار نفوذ اولیه ی محلول که برابر ۷۲/۹ میکرو زیمنس بر سانتی متر است، برسد. در نمودار پایینی هم که نفوذ با شیرابه است هم این اتفاق رخ داده است و در حجم نفوذی حدود ۳,۵ به مقدار نفوذ اولیه ی محلول که برابر ۱۵,۱۴۰ میکروزیمنس بر ثانیه است رسیده است.



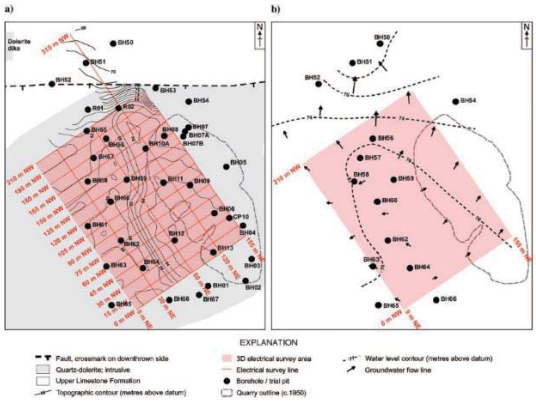
شکل ۶. وضعیت هدایت الکتریکی خاک لندفیل در ۲حالت نفوذ با شیرابه فلزی و نفوذ با شیرابه زباله و فلز

پس از انجام این آزمایش ها بر روی خاک سایت محل، مشاهده شد این خاک ظرفیت خوبی برای نگهداری فلزات سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم را داراست و ازین جهت انتقال آلودگی در این سایت به کندی رخ می دهد ولی با این وجود همچنان بایستی وضعیت آب زیرزمینی مورد بررسی دوره ای قرار گیرد.

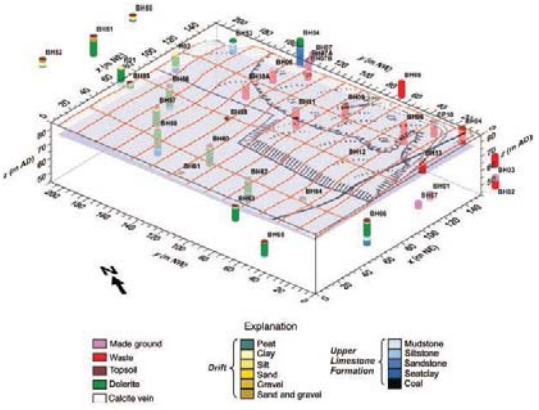
مطالعات ژئوفیزیکی لندفیل زباله جامد در اسکاتلند

در سال ۲۰۰۶، chambers و همکاران [6] بر روی لندفیل زباله جامد که در محل یک معدن سابق سنگ دولریت در Midland valley اسکاتلند ایجاد شده است، آزمایش های ژئوفیزیکی ۲ بعدی و ۳ بعدی مقاومت الکتریکی (ERT) انجام دادند. منطقه بررسی شده یک مستطیل به ابعاد ۱۵۵ متر در راستای محور x و ۲۱۰ متر در راستای محور y بوده است. این نقشه برداری شامل ۱۵ لاین با فاصله ی ۱۵متری از یکدیگر عمود بر محور y و ۵ لاین با فاصله های ۳۰، ۵۰، ۴۰ و ۳۵ متری از یکدیگر بوده است.

در **Error! Reference source not found.**سایت پلان و نقشه زمین شناسی حاصل از ERT و نقشه هیدروژئولوژی سایت نمایش داده شده است. در شکل ۸ نقشه ۳بعدی این سایت که شامل مکان حفر گمانه ها، توپوگرافی سطح، محل لاین های نقشه برداری ERT و سطح آب زیرزمینی مشاهده می شود.

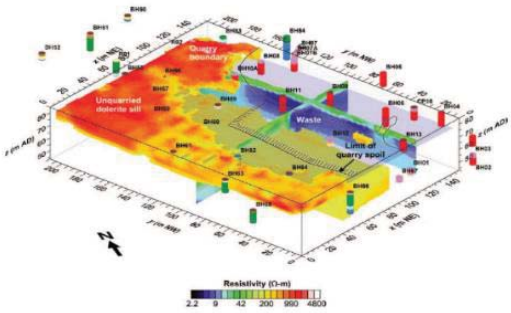


شکل ۷. نقشه زمین شناسی (a) و نقشه هیدروژئولوژی (b) لندفیل

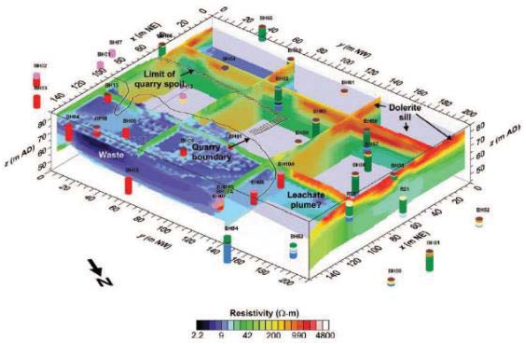


شکل ۸. مشخصات سه بعدی لندفیل

پس از نقشه برداری مقاومت الکتریکی در سایت و مدل کردن آن مقادیر مقاومت الکتریکی برای خاک این سایت در بازه ی بین کمتر از ۱ تا حدود ۳۰۰۰ اهم در متر به دست آمده است. مدل این سایت به همراه ویژگی های کلی آن در **Error! Reference source not found.**۹ و **Error! Reference source not found.**۱۰ مشاهده می شود. نتایج حاصل از آزمایش های گمانه نشان می دهد حداکثر عمق سایت در حدود ۱۴ الی ۱۵ متر است.



شکل ۹. مشخصات سه بعدی لندفیل از نمای شمالی

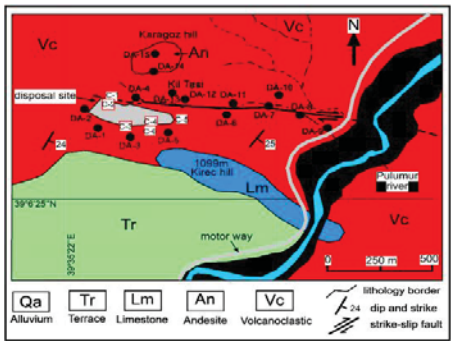


شکل ۱۰. مشخصات سه بعدی لندفیل از نمای جنوبی

مطالعات ژئوفیزیکی لندفیل زباله جامد در ترکیه

حدود ۶۷٪ ازضایعات جامد شهری تولید شده در ترکیه در کیسه های باز ریخته شده است [17]. مشکلات زیست محیطی ناشی از دفع جامد مانند مشکلات بو، انتشار گاز به جو، خطر انفجار یا آتش سوزی، شیرابه کنترل نشده وارد به آبهای سطحی و زیرزمینی وآلودگی های بصری که به راحتی دراین نوع ازسایت ها به چشم می خورد علاوه بر این مشکلات حتی زباله های پزشکی را می توان یافت. سایتی که برای تبدیل شدن به محل دفن زباله برنامه ریزی شده است باید براساس کانی شناسی و خواص شاخص زیرخاک و ساختار های زمین شناسی مانند نوع سنگ ها، خواص تکتونیکی و عمق سطح آب زیرزمینی بررسی شود. عمق سطح آب زیرزمینی باید حداقل ۳۰-۵۰ متر باشد و زیر خاک باید نفوذپذیری کم (10^{-8} متر بر ثانیه) تراوایی بخش رس ضخیم و یا زیر خاک طبیعی باید بین 10^{-6} و 10^{-8} سانتی متر بر ثانیه باشد.سایت دفع مواد زائد جامد در شهرستان تونجلی ترکیه[1] که توسط صخره های منطقه احاطه شده و دیگر خواص زمین شناسی مورد بررسی قرار گرفته است. محل قرارگیری این سایت جهت دفن زباله در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

[1] Tunceli



شکل ۱۱. جانمایی لندفیل مورد مطالعه

برای تعیین ویژگی های سنگ شناسی سنگ پایه از روش نمونه برداری پتروگرافی[1] واحد های سنگی بهره گرفته شده است. برای بررسی ویژگی سنگ ها، کانی شناسی، خواص پتروفیزیکی سنگ پایه مقاطع نازک پتروگرافی متشکل از نمونه های سنگ با ضخامت ۰,۰۰۰۳ میلی متر برای مطالعات میکروسکوپی تهیه شده است. تجزیه و تحلیل ترکیبات و کانی های این نمونه ها با بررسی پلاریزه میکروسکوپ در دانشگاه تونجلی انجام شد و نام گذاری سنگ ها نمایش داده شد.

خاک طبیعی سایت و نواحی اطراف آن شامل سنگ های آذری و مواد معدنی اصلی زیر خاک سایت محتوی کوارتز و فلدسپار است. در میان این مواد معدنی، هیچ مواد معدنی حاوی آلودگی یافت نشده است. همچنین مقدارکمی مواد معدنی سازگار با محیط زیست رس و زئولیت که به وفور در نواحی آتش فشانی یافت می شوند و قابلیت جذب بالای آلودگی را دارند در این لندفیل مشاهده شده که نشان می دهد آلودگی سایت و محیط اطراف آن به دلیل عدم نگه داری آلودگی توسط خاک زیر سایت است.

شیرآبه حاصل از زباله های محیط با آب های سطحی در مسیر رودخانه ی پلومور[2] (از طریق بارش های فصلی و آب های زیرزمینی) ترکیب می شود. بستر این مسیر شامل ماسه سنگ های آتش فشانی بسیار نفوذپذیر (10^{-5} سانتی متر بر ثانیه) است از این رو شیرآبه های بسیار آلوده دارای پتانسیل زیاد برای رسیدن به منابع آب های زیرزمینی هستند. بررسی های زمین شناسی شهرداری تونجلی ترکیه از سایت محل دفن زباله های غیربهداشتی نشان می دهد که این سایت در حال حاضر برای این منظور مناسب نیست [18].

مطالعات ژئوفیزیکی لندفیل زباله جامد در آمریکا

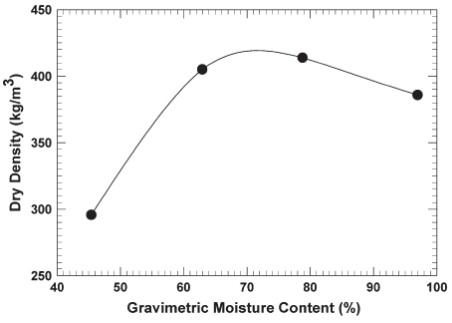
برای بسیاری از کشورها، دفن مهندسی مواد زائد جامد محیط یکی از روش های مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست به شمار می رود. حدود ۵۴٪ از زباله های ایالات متحده دفن می شوند. نتایج حاصل از تحقیقات آزمایشگاهی برای تعیین خصوصیات ژئوتکنیکی زباله های جامد شهری (MSW) جمع آوری شده از محل دفع زباله واقع در ارچارد هیلز، ایالات متحده حاکی از آن است که تاثیر افزایش رطوبت بر تراکم پذیری و مقاومت برشی زباله های جامد شهری (MSW) در طول چرخه شیرآبه با تست نمونه های متغیر مورد بررسی قرار گرفته شده و رطوبت وزنی در محدوده ۴۴٪ الی ۱۰۰٪ اندازه گیری شده است. براساس آزمایش استاندارد پروکتور، حداکثر وزن مخصوص خشک از 420 کیلوگرم بر متر مکعب و در رطوبت مطلوب ۷۰٪ مشاهده شده است. **Error! Reference source not found.** وضعیت رطوبت زباله های جامد شهری را نشان می دهد. هدایت هیدرولیکی در طیف گسترده ای از 10^{-4} تا 10^{-8} متر بر ثانیه قرار دارد و با افزایش وزن مخصوص خشک کاهش می یابد. مقدار نسبت تراکم در محدوده ی بین ۰,۲۴-۰,۳۳ بدون هیچ رابطه خاصی با افزایش رطوبت درحال تغییر است. براساس آزمایش های برش مستقیم در طیفی از رطوبت های تست شده انسجام تخلیه از ۳۱ تا ۶۴ کیلو پاسکال و زاویه اصطکاک از ۲۶ تا ۳۰ درجه محاسبه شده است.

در سال های اخیر در فلسفه طراحی محل های دفن زباله از مفهوم ذخیره سازی خشک به سمت رویکرد بیوراکتور تغییراتی وجود داشته است. در روش بیوراکتور رطوبت زباله جامد شهری به منظور تجزیه بیولوژیکی توسط چرخه شیرآبه افزایش می یابد. علاوه بر این تخریب سریع تر در سایت های بیوراکتور ارائه قابل توجیهی دال بر کاهش زمان در بحث مدیریت زمان است. (ردی و بوگنر، ۲۰۰۳) خواص ژئوتکنیکی زباله های جامد شهری (MSW) در طراحی و

[1]. سنگ‌نگاری یا پتروگرافی شاخه‌ای از سنگ‌شناسی(پترولوژی) است که در آن منشأ سنگ‌ها، به‌ویژه فرایند تشکیل آن‌ها، مورد مطالعهٔ علمی قرار می‌گیرد.

[2] Pulumur

نگهداری انواع لندفیل ها یا محل های دفن زباله در اولویت هستند. روش های آزمایشگاهی عبارتند از آزمون پروکتور استاندارد، آزمون هدایت هیدرولیکی با هد ثابت طبق استاندارد ASTM D2434، آزمون تراکم پذیری محدود، آزمون برش مستقیم، آزمون سه محوری زهکشی نشده (CU). متوسط پارامترهای مقاومت خاک (c و ϕ) برابر 32 کیلوپاسکال و ۱۲ درجه درحالی که پارامترهای تنش موثر برابر 38 کیلوپاسکال و ۱۶ درجه ارائه گردیده است. زاویه اصطکاک زهکشی نشده برابر ۱۴ درجه و انسجام موثر تلفیقی زهکشی نشده 45 کیلوپاسکال گزارش شده است که این نتایج با لندفیل دفن زباله دونا جوانا در نزدیکی این لندفیل نیز مطابقت دارد [17]. لاندوا و کلارک (۱۹۹۰) آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه های زیادی از زباله های جامد شهری ادمونتون کانادا[1] انجام دادند و خواص مقاومت برشی را 23 کیلو پاسکال و 24 درجه گزارش داده اند.[11] .



شکل ۱۲. نمودار وزن خصوص خشک زباله های جامد شهری خردشده برحسب رطوبت وزنی

مطالعات ژئوفیزیکی لندفیل زباله جامد در چین

بر اساس پژوهشی که در زمینه نشت آلودگی در زیر و اطراف محل دفن زباله های کنترل نشده هوآینان چین با هدف بررسی انتقال برخی از مواد شیمیایی موجود در شیرابه محل دفن زباله به خاک رس اطراف پس از ۱۷ سال از گذشت بهره برداری سایت مورد نظر، غلظت یون های کلرید و سدیم موجود در آب منافذ نمونه خاک جمع آوری شده در عمق ۱۵ متری از طریق تحقیقات گسترده سایت بدست آمده است و همچنین محتویات مواد آلی نمونه های خاک نیز مشخص گردیده است.

موارد متعددی از آلودگی آب های زیرزمینی و خاک ناشی از عملیات دفن زباله در منابع گزارش شده است ([22]–[19]) بنابراین بدست آوردن حالت غلظت آلاینده های شیرآبه در خاک های زیر سطحی و ارزیابی نشت طولانی مدت مواد شیمیایی در محل دفن زباله حائز اهمیت است. این امر مستلزم تحقیقات در مقیاس گسترده برای بدست آوردن مکانیسم عمده انتقال املاح و خواص زمین شناسی زیرسطحی از نظر ویژگی های جریان است [23].

در این پژوهش مطالعه ای از انتشار مواد شیمیایی و آلودگی در سایت دفن زباله هوآی نان چین صورت گرفته است که این سایت در بستری از خاک رس بدون هیچ سیستم مهار مهندسی در زیر محل دفن زباله ساخته شده است. ژان و همکاران (۲۰۱۴) شرح مفصلی از بررسی سایت، یک سری از داده های جمع آوری شده از زیر محل دفن و یک تجزیه و تحلیل ابعادی از نشت آلودگی به بستر خاک رس زیر محل های دفن زباله فراهم کرده اند. نتایج کار حاضر را می تواند برای طراحی ها و ارزیابی خاک و روش های اصلاح آب های زیرزمینی در این سایت دفن زباله استفاده گردد. محل دفن زباله هوآینان در حدود ۵ کیلومتری از مرکز شهرستان هوآی نان[2] مستقر در جنوب شرقی استان آنهویی[3] در شرق چین واقع شده است. این سایت در حدود ۶ کیلومتری رودخانه هواهی[4] است. خاک زیر سطحی در این سایت خاک آبرفتی کواترنر است و این سایت ۱۷ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. سطح شیرابه در سایت دفن زباله ۸ متر گزارش گردیده است. زباله جامد شهری (MSW) دفن شده در این محل دفن به طور مستقیم در خاک طبیعی ساخته شده است. شرح مفصلی از سایت توسط ژان و همکاران ارائه شده است. هفت گمانه (BH1-BH7) تا پایین لایه های رسی خاک در زیر محل دفن زباله حفر شد و نمونه هایی از خاک بدست آمد. BH1 و BH2 در زیر محل دفن واقع شده اند و گمانه های BH3 و BH4 و BH5 و BH6 به ترتیب ۱۸، ۲۰، ۳۰، ۴۰ متر دورتر از محل دفن زباله حفر شده اند. گمانه BH7

[1] Edmonton Canada
[2] Huainan
[3] Anhui
[4] Huaihe

خارج از محل دفن زباله (حدود ۱۰۰ متر دور از راه آب یا خندق شیرآبه) قرار گرفته است [24] .

خاک سطح لندفیل که برای احداث محل دفن زباله برنامه ریزی شده شامل ۱-۲ متر خاک کشاورزی و لایه ی زیرین خاک شامل ۱,۵ تا ۵ متر لایه باتلاقی و لای رسی و زیر این لایه ۵ الی ۸ متر لایه رسی است که از اقشار رسوبی اواخر پلیستوسن (دوره چهارم زمین شناسی) به شمار می رود. لایه ای از سنگ بستر در زیر خاک رسی قرار دارد و تخلخل متوسط خاک های بستر زیر زباله ها حدود ۰,۴ است. هدایت هیدرولیکی سطح لایه باتلاقی و لای رسی و لایه رسی به ترتیب برابر 3×10^{-9} wF zH sr؛ و uH sr؛ سانتی متر بر ثانیه است. ترکیبات شیرآبه از نمونه های بدست آمده از گمانه BH1 و BH2 اندازه گیری شده است.شیرآبه ها با خاصیت اسیدی کم و PH=6.2-6.4 اندازه گیری شده اند [25]. غلظت یون های سدیم و کلر در نمونه شیرآبه های مورد آزمایش بیش از ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است. مواد آلی خاک (SOM) مطابق استاندارد ملی چین مشخص شده است (NSPRC, 1988).

۵- منابع

[1] برهانی, ع. چ. (پاییز ۱۳۹۵). ارزیابی زیست محیطی و توسعه پایدار چهار روش روسازی در ایران به کمک چهار روش تحلیل چندمعیاره. *مطالعات علوم محیط زیست*, ۵۱-۶۲.

[2]S. Feng, K. Gao, Y. Chen, Y. Li, L. M. Zhang, and H. X. Chen, "Geotechnical properties of municipal solid waste at Laogang Landfill , China," *Waste Manag.*, 2016.

[3] S. M. Merry, E. Kavazanjian Jr., and W. U. Fritz, "Reconnaissance of the July 10 , 2000 , Payatas Landfill Failure," *J. Perform. Constr. Facil.*, vol. 19, no. 2, pp. 100–107, 2005.

[4] F. Koelsch, K. Fricke, C. Mahler, and E. Damanhuri, "Stability of Landfills – the Bandung Dumpsite Desaster," *10th Int. Waste Manag. Landfill Symp.*, vol. 2000, no. February 2005, 2005.

[5] B. T. D. Stark, H. T. Eid, W. D. Evans, and P. E. Sherry, "M UNICIPAL S OLID W ASTE S LOPE F AILURE .," no. May, pp. 408–419, 2000.

[6] G. Mondelli, H. L. Giacheti, M. E. G. Boscov, V. R. Elis, and J. Hamada, "Geoenvironmental site investigation using different techniques in a municipal solid waste disposal site in Brazil," *Environ. Geol.*, vol. 52, no. 5, pp. 871–887, 2007.

[7] J. E. Chambers, O. Kuras, P. I. Meldrum, R. D. Ogilvy, and J. Hollands, "Electrical resistivity tomography applied to geologic, hydrogeologic, and engineering investigations at a former waste-

disposal site," *Geophysics*, vol. 71, no. 6, pp. B231–B239, 2006.
[8] J. E. Chambers, R. D. Ogilvy, O. Kuras, J. C. Cripps, and P. I. Meldrum, "3D electrical imaging of
known targets at a controlled environmental test site," *Environ. Geol.*, vol. 41, no. 6, pp. 690–704, 2002.
[9] B. H. T. Eid, T. D. Stark, W. D. Evans, and P. E. Sherry, "M Unicipal S Olid W Aste S Lope F Ailure . I: W Aste and F Oundation S Oil P Roperties," no. MAY, pp. 397–407, 2000.
[10] T. D. Stark, A. Nejan, H.-S. Ae, and G. Li, "Shear strength of municipal solid waste for stability analyses," *Env. Geol*, vol. 57, pp. 1911–1923, 2009.
[11] K. R. Reddy, H. Hettiarachchi, N. S. Parakalla, J. Gangathulasi, and J. E. Bogner, "Geotechnical properties of fresh municipal solid waste at Orchard Hills Landfill, USA," *Waste Manag.*, vol. 29, no. 2, pp. 952–959, 2009.
[12] G. P. Korfiatis, A. C. Demetracopoulos, E. L. Bourodimos, and E. G. Nawy, "Moisture Transport in a Solid Waste Column," *J. Environ. Eng.*, vol. 110, no. 4, pp. 780–796, 1984.
[13] T. Chen and D. P. Chynoweth, "Hydraulic conductivity of compacted municipal solid waste," *Bioresour. Technol.*, vol. 51, no. 2–3, pp. 205–212, 1995.
[14] Y. S. Jang, Y. W. Kim, and S. I. Lee, "Hydraulic properties and leachate level analysis of Kimpo metropolitan landfill, Korea," *Waste Manag.*, vol. 22, no. 3, pp. 261–267, 2002.
[15] M. S. Hossain, K. K. Penmethsa, and L. Hoyos, "Permeability of municipal solid waste in bioreactor landfill with degradation," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 27, no. 1, pp. 43–51, 2009.
[16] K. R. Reddy, H. Hettiarachchi, N. Parakalla, J. Gangathulasi, J. Bogner, and T. Lagier, "Hydraulic
Conductivity of MSW in Landfills," *J. Environ. Eng.*, vol. 135, no. 8, pp. 677–683, 2009.
[17] B. Nas, T. Cay, and F. Iscan, "Selection of MSW landfill site for Konya , Turkey using GIS and multi-criteria evaluation," pp. 491–500, 2010.
[18] A. Öztüfekçi Önal, D. Demirbilek, and V. Demir, "Geo-environmental site investigation for Tunceli, Turkey municipal solid waste disposal site," *Eng. Geol.*, vol. 159, pp. 76–82, 2013.
[19] J. B. Christensen, D. L. Jensen, C. Grn, Z. Filip, and T. H. Christensen, "CHARACTERIZATION OF THE DISSOLVED ORGANIC CARBON IN LANDFILL LEACHATE-POLLUTED," vol. 32, no. 1, pp. 125–135, 1998.
[20] S. Nayak, B. M. Sunil, and S. Shrihari, "Hydraulic and compaction characteristics of leachate-contaminated lateritic soil," vol. 94, pp. 137–144, 2007.
[21] G. Varank *et al.*, "Science of the Total Environment Migration behavior of land fi ll leachate contaminants through alternative composite liners," *Sci. Total Environ.*, vol. 409, no. 17, pp. 3183–3196, 2011.
[22] M. A. Ashraf and I. Yusoff, "Study of contaminant transport at an open-tipping waste disposal site," pp. 4689–4710, 2013.
[23] I. Yusoff, Y. Alias, M. Yusof, and M. Aqeel, "Assessment of pollutants migration at Ampar Tenang landfill site , Selangor , Malaysia," vol. 39, pp. 392–409, 2013.
[24] H. Xie, Y. Chen, H. R. Thomas, M. Sedighi, S. A. Masum, and Q. Ran, "Contaminant transport in the sub-surface soil of an uncontrolled landfill site in China: site investigation and two-dimensional numerical analysis," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 3, pp. 2566–2575, 2016.
[25] T. L. T. Zhan, C. Guan, H. J. Xie, and Y. M. Chen, "Science of the Total Environment Vertical migration of leachate pollutants in clayey soils beneath an uncontrolled land fi ll at Huainan , China: A fi eld and theoretical investigation," *Sci. Total Environ.*, vol. 470–471, pp. 290–298, 2014.
[26] Y. J. Du, S. Hayashi, and S. Y. Liu, "Experimental study of migration of potassium ion through a two-layer soil system," pp. 1096–1106, 2005.